



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS NACIONALES Y
SERVICIOS AMBIENTALES



**ESPECIALIDAD EN MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL
CAMBIO CLIMÁTICO APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA VIAL**

Título:

**Medidas de Adaptación y mitigación ante el Cambio
Climático**

**Caso de Estudio: Proyecto Vial “Empalme El Gigante-El Murciélago
6.45 km” Municipio de Tola, Rivas**

**Proyecto de Graduación para optar al Título de Especialista en Mitigación y
Adaptación al Cambio Climático aplicado a la Infraestructura Vial.**

Autores:

**ING. ROSA ARGENTINA GUADAMUZ CASTILLO
ING. LISSETH CAROLINA SANDOVAL IBARRA
ING. JUNIOR ANTONIO REYNOZA LINARES**

Tutor:

ARQ. BENJAMÍN ANTONIO ROSALES RIVAS

Asesor:

DRA. JULIANA JIMENEZ.

DEDICATORIA

A Dios.

Por su infinita bondad y amor; habernos dado salud, la fortaleza y permitirnos llegar hasta este punto y para lograr nuestro objetivo.

A nuestros familiares.

A nuestros padres, hijos, esposos por su apoyo incondicional para lograr nuestras metas, por animarnos en los momentos de cansancio y ser fuente de energía cuando la necesitamos, para que diéramos continuidad y dedicación a nuestros propósitos.

¡Gracias a ustedes!

A nuestros maestros.

Master Benjamín Rosales por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestra formación profesional y la elaboración de este documento; a la Dra. Juliana Jarquín por su apoyo ofrecido en este trabajo; a la Dra. Heimdall Hernández, por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional y al Dr. Francisco Mendoza por apoyarnos en su momento.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios todopoderoso quien es el que nos ilumina y nos da la fuerza para seguir adelante; y a nuestras familias que inspiran e incentivan nuestro espíritu de superación.

Agradecemos a nuestra institución, el Ministerio de Transporte e Infraestructura, por la oportunidad que nos dio de participar en esta especialidad para fortalecer nuestros conocimientos.

Agradecemos especialmente al Ing. Julián Ernesto Barrantes Espinoza, Ing. Fabio Guerrero Osorio y al Ing. Carlos Roberto Silva Cruz, por haber depositado su confianza en nosotros y apoyarnos de manera incondicional para lograr este importante objetivo.

Rosa, Lisseth y Junior

RESUMEN

En el presente documento se proponen una serie de medidas de adaptación y mitigación ante los riesgos y potenciales efectos que puede generar el Cambio Climático en los puntos críticos identificados en el proyecto de adoquinado: “Empalme El Gigante-El Murciélago 6.45 km”.

El estudio inició con la descripción de la situación actual del proyecto que ya está en funcionamiento y el establecimiento de la importancia estratégica que tiene en el territorio.

De forma complementaria con lo anterior, se diagnosticó el estado actual de los componentes ambientales del área de influencia de este proyecto, lo que sirvió de base para determinar los riesgos locales, en función de los niveles de vulnerabilidad a las diferentes amenazas existentes asociadas al Cambio Climático e identificando los puntos críticos que presenta la carretera en su etapa de servicio.

Los riesgos a deslizamientos e inundaciones son los que se espera sean incrementados en los puntos críticos del proyecto, como consecuencia de los potenciales efectos del cambio Climático, por lo que en este documento se propuso un capítulo en donde se plantean medidas típicas de adaptación y mitigación para enfrentar esta nueva realidad.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Marco Teórico	2
1.3.1. Calentamiento Global	3
1.3.2. Cambio Climático	3
1.3.3. Impactos directos e indirectos del cambio climático en las infraestructuras viales	3
1.3.4. Riesgo	4
1.3.5. Gestión de Riesgo	5
1.3.6. Mitigación y Adaptación ante los efectos del Cambio Climático.	5
1.4. Diseño Metodológico	6
1.4.1. Métodos y Procedimientos aplicados	6
1.4.2. Cuadro de Certitud Metódica	7
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO VIAL	9
2.1. Localización del Proyecto	9
2.1.1. Macro localización	9
2.1.2. Micro localización	10
2.2. Descripción Técnica del Proyecto Vial.	10
2.3. Costo de la Ejecución.....	11
2.4. Importancia del Proyecto en el territorio	12
2.5. Beneficios del Proyecto	13
2.6. Síntesis del Capítulo.....	13
CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA ..	14
3.1. Definición del Área de Influencia del Proyecto	14
3.1.1. Área de Influencia Directa	14
3.1.2. Área de Influencia Indirecta	15
3.2. Estudio del Medio Abiótico	15
3.2.1. Clima	15
3.2.2. Suelo	17
3.2.3. Agua	19
3.2.4. Geología	20
3.2.5. Geomorfología	21
3.3. Estudio del Medio Biótico	23
3.3.1. Flora	23
3.3.2. Fauna	24
3.4. Estudio del Medio Socioeconómico.....	26

3.4.1. Comunidades en el borde de la vía	26
3.4.2. Población de las comunidades del borde de la vía	27
3.4.3. Población según sexo en las comunidades afectadas directamente	27
3.4.4. Infraestructura Social	28
3.4.5. Actividades económicas del municipio de Tola	30
3.5. Mapa Síntesis de Caracterización Ambiental del Área de Influencia.....	34
3.6. Síntesis del Capítulo.....	34
CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DEL RIESGO EN LA FASE DE OPERACIÓN DEL PROYECTO	36
4.1. Metodologías utilizadas para la Evaluación del Riesgo	36
4.2. Evaluación del Emplazamiento	36
4.2.1. Análisis de Amenazas preponderantes relacionadas con el Cambio Climático	37
4.2.2. Componentes y variables del histograma de evaluación de emplazamiento	39
4.2.3. Significado de las evaluaciones del histograma	43
4.2.4. Aplicación del Histograma de Emplazamiento.....	44
4.2.5. Resumen de la Evaluación de Emplazamiento	45
4.3. Evaluación de la Vulnerabilidad del Proyecto.....	45
4.3.1. Componentes y variables del histograma de evaluación de la Vulnerabilidad	45
4.3.2. Histograma de Vulnerabilidad	47
4.3.3. Cálculo de la Vulnerabilidad	49
4.3.4. Resultados de la Vulnerabilidad.	50
4.4. Balance de Riesgo Promedio	51
4.5. Identificación de los Puntos Críticos	51
4.5.1 Daños Evitados	55
4.6. Mapa Síntesis de Puntos Críticos de Tramo Vial	56
4.7. Síntesis del Capítulo.....	56
CAPÍTULO 5: MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN.....	57
5.1. Medidas Generales de Adaptación a los efectos del Cambio Climático en proyectos Viales	57
5.3. Medidas de Adaptación al Riesgo de Inundación.....	65
5.3.1. Mejoramiento del Sistema de Drenaje	65
5.3.2. Implementación de Sistemas de Zampeados	67
5.3.3. Implementación de protección de talud en el punto más crítico.	68
5.4. Medidas de Adaptación al Riesgo por Deslizamientos	68
5.4.1 Implementación de Revegetación, Mantas vegetales, Hidrosiembra y Contra cunetas	68
5.5. Mapa Síntesis de Obras de Adaptación en Puntos Críticos	70
5.6. Síntesis del Capítulo.....	70
CAPÍTULO 6: ASPECTOS FINALES	71
6.1. Conclusiones	71
6.2. Recomendaciones.....	72
6.3. Bibliografía.....	73
6.4. Anexos.....	75
Anexo 1: Tabla No. 18 de Medidas Generales de Adaptación y Mitigación para diferentes Sectores.....	75
Anexo 2: Regiones Climáticas de Nicaragua.....	77

<i>Anexo 3: Regiones Climáticas de Nicaragua</i>	78
<i>Anexo 4: Variación de Temperatura Máxima Anual (2010-2039)</i>	78
<i>Anexo 4: Mapa de zonificación eólica de Nicaragua</i>	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Pág.
Cuadro No.1.: Cuadro de Certitud Metódica.....	7
Cuadro No.2.: Componentes y variables del histograma de Emplazamiento.....	39
Cuadro No.3.: Histograma de Emplazamiento.....	44
Cuadro No.4.:Resumen de Evaluación de Emplazamiento.....	45
Cuadro No.5.: Componentes y variables de vulnerabilidad.....	45
Cuadro No.6.: Histograma de Vulnerabilidad.....	49
Cuadro No.7.: Resultados de Vulnerabilidad.....	50
Cuadro No.8.: Balance de Riesgo.....	51
CuadroNo.9.: Matriz <u>[U1]</u> de identificación de amenazas de puntos Críticos.....	52
Cuadro No.10.: Descripción de Medidas de Adaptación al cambio climático en la fase de operación y mantenimiento.....	58
CuadroNo.11.: Mejoramiento del sistema de drenaje.....	66
CuadroNo.12.: Implementación de sistemas de zampeado.....	67
CuadroNo.13.: Implementación de protección de talud en el punto más Crítico.....	68
Cuadro No.14: Medidas de Adaptación por deslizamiento	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Figura No.1: Cambios de precipitaciones Climáticas.....	17
Figura No.2.:Flora Existente en el derecho de vía	24
Figura No.3.: Porcentaje de empleos según sectores económicos.....	31
Figura No.4.: Identificación de puntos críticos.....	54
Figura No.5.: Área de flujo Inefectivo.....	54
Figura No.6.: Regiones Climáticas de Nicaragua.....	77
Figura No.7.: Precipitaciones Acumuladas (2010-2039).....	78
Figura No.8.: Variaciones de Temperatura.....	78
Figura No.9.: Mapa de Zonificación Eólica de Nicaragua.....	79

ÍNDICE DE MAPAS

Mapas	Pág.
Mapa No.1.: Macro localización.....	9
Mapa No.2.: Micro localización.....	10
Mapa No.3.: Área de Influencia Directa	14
Mapa No.4.: Área de Influencia Indirecta.....	15
Mapa No.5.: Tipos de suelos de Nicaragua.....	19
Mapa No.6.: Red Hídrica El Gigante-El Murciélago.....	20
Mapa No.7.: Geología del Tramo Empalme El Gigante-El Murciélago.....	21
Mapa No.8.: Geomorfología del Tramo Empalme El Gigante-El Murciélago.....	22
Mapa No.9.: Síntesis de Línea Base Ambiental	34
Mapa No.10 Daños Evitados en el punto más crítico.....	55
Mapa No.11.: Puntos Críticos.....	56

Mapa No.12.: Obras de Mitigación en puntos Críticos.....	70
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Pág.
Tabla No.1.: Costos del proyecto.....	11
Tabla No.2: Listado de la Flora existente en el derecho de la vía del tramo.....	24
Tabla No.3.: Especies de aves y mamíferos de la zona de proyecto.....	25
Tabla No.4.: Distribución de población por sexo.....	26
Tabla No.5.: Comunidades donde estarán emplazado el proyecto.....	26
Tabla No.6.: Población beneficiado por el proyecto.....	27
Tabla No.7.: Población por Comunidad y sexo.....	27
Tabla No.8.: Viviendas por área.....	28
Tabla No.9.: Vivienda y calidad de la infraestructura.....	29
Tabla No.10.: Viviendas por comunidad, estado y nivel de ocupación.....	29
Tabla No.11.: Viviendas en el borde del tramo y por comunidad.....	30
Tabla No.12.: Comunidades al borde Inmediato	30
Tabla No.13.: Distribución de los empleos en el municipio de Tola.....	33
TablaNo.14.: Población en edad de trabajar por sexo.....	33
Tabla No.15.: Amenazas probables en el proyecto	38
Tabla No.16.: Componentes para la evaluación de Emplazamiento.....	40
Tabla No.17.: Componentes de la Vulnerabilidad del proyecto.....	48
Tabla No.18.: Medidas de mitigación y Adaptación que se pueden implementar en diferentes sectores de análisis.....	75

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

Los desastres de origen natural han aumentado considerablemente en los últimos años, tanto en número como en intensidad, a consecuencia de las variaciones climáticas, ocasionando que el impacto de estos fenómenos sea más grave en los países más pobres que en los desarrollados, por la carencia de infraestructura apropiada, dejando como resultado un número considerable de personas afectadas.

Nicaragua es el cuarto país en el mundo que ha sido más afectado por los eventos climáticos extremos entre 1994 y 2013, de acuerdo con el Índice de Riesgo Climático Global 2015, publicado por la organización medioambiental alemana German Watch. El documento refleja que entre 1994 y 2013 Nicaragua tuvo la incidencia de 49 eventos climáticos, los cuales generaron pérdidas económicas por US\$301 millones y 2.98 muertes por cada 100,000 habitantes. Según el informe, Nicaragua únicamente está detrás de Honduras, Myanmar y Haití en cuanto a los daños sufridos por los fenómenos climáticos extremos.

Bajo este contexto se analizó al municipio de Tola, el cual se caracteriza por presentar un territorio constituido por serranías de mediana altura –la altura de la zona puede llegar a los 447 msnm, siendo el Cerro de la Mohosa el punto de mayor elevación dentro de la comarca– y los eventos de inundación son unos de las mayores amenazas de carácter natural que afecta a este municipio. Las amenazas son provocadas fundamentalmente por los procesos de mareas en la región costera donde desembocan estos cursos hídricos, lo que origina que ante situaciones de nivel del mar alto o mareas fuera de lo normal, los ríos no logren desaguar, con lo que se producen reflujos hacia el interior de los cauces, los que elevan su nivel e inundan las terrazas fluviales, con diferente intensidad.

El proyecto: Empalme El Gigante- El murciélago 6.45 km, está ubicado en el municipio de Tola, departamento de Rivas, y tiene gran importancia turística ya que está dentro del corredor del proyecto “Litoral Pacífico” que unirá playas de varios departamentos y contiene hoteles, aeropuertos y restaurantes importantes del departamento de Rivas. Sin embargo, en los últimos años el tramo en estudio ha sufrido afectaciones por inundaciones y deslizamientos producto del despale en la cuenca de los ríos que atraviesan el tramo, lo que sumado a la variabilidad climática que se experimenta en todo el territorio nacional, genera estados de vulnerabilidad en esta vía a los potenciales efectos del Cambio Climático.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se propusieron medidas de mitigación y adaptación para disminuir, en general los riesgos ante desastres naturales, y en particular los asociados al cambio Climático; a fin de garantizar la transitabilidad de la vía en condiciones seguras y la durabilidad en el tiempo del proyecto de infraestructura vial.

Para proponer dichas medidas se realizó el análisis de riesgo para el proyecto en operación, luego se reconocieron los puntos críticos e identificaron las deficiencias que presenta el tramo de carretera. Finalmente se propusieron las medidas de mitigación para adecuar las obras construidas a fin de que resistan las amenazas relacionadas al cambio climático.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer Medidas de Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en los puntos críticos del proyecto vial “Empalme El Gigante-El murciélago 6.45 km” Municipio de Tola, Rivas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Describir la situación actual del proyecto de infraestructura vial.
- Determinar el estado actual de los componentes ambientales del área de influencia del proyecto.
- Determinar el grado de riesgo al cambio climático del proyecto de infraestructura identificando los puntos críticos existentes.
- Proponer medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el proyecto “Empalme el Gigante-El Murciélago”.

1.3. Marco Teórico

En el presente documento se establecen los principales conceptos relacionados con los potenciales efectos ante el cambio climático aplicado a las infraestructuras viales, además de las medidas de mitigación y adaptación que los expertos han venido desarrollando para enfrentar estos problemas climáticos a nivel mundial.

1.3.1. Calentamiento Global

Es el incremento a largo plazo en la temperatura promedio de la atmósfera. Se debe a la emisión de gases de efectos invernadero que se desprende por actividades del hombre.¹

Las temperaturas de la superficie del planeta aumentan a gran ritmo. En los últimos 100 años, la temperatura media global ha aumentado 0,76 °C. 11 de los 12 años más calurosos desde 1850 se concentran entre 1995 y 2006. Este aumento de la temperatura media de la Tierra es el calentamiento global. Al igual que cuando tenemos fiebre unos pocos grados respecto de nuestra temperatura normal nos afectan profundamente, ese aumento de temperatura media es suficiente para que el clima cambie de forma acelerada y profunda.

1.3.2. Cambio Climático

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Es debido a causas naturales y también a la acción del hombre y se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc.

El cambio climático afecta a todos. El impacto potencial es enorme, con predicciones de falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor. En definitiva, el cambio climático no es un fenómeno sólo ambiental sino de profundas consecuencias económicas y sociales. Los países más pobres, que están peor preparados para enfrentar cambios rápidos, serán los que sufrirán las peores consecuencias.²

A continuación, se presentan los tipos de impactos generados por el Cambio Climático, sobre la infraestructura vial.

1.3.3. Impactos directos e indirectos del cambio climático en las infraestructuras viales

Los impactos más importantes relacionados con la construcción son aquellos que corresponden a la limpieza, nivelación o construcción del piso: pérdida de la capa vegetal, exclusión de otros usos para la tierra; modificación de patrones naturales de drenaje; cambios en la elevación de las aguas subterráneas; deslaves, erosión y sedimentación de ríos y lagos; degradación del paisaje o destrucción de sitios culturales; e interferencia con la movilización de animales silvestres, ganado y

¹ Informe de Síntesis del IPCC. Tercer Informe de Evaluación, 2007. Se publicó en Accra (Ghana) en marzo de 2001 y representa el primer consenso científico global.

² Ídem

residentes locales. Muchos de estos impactos pueden surgir no sólo en el sitio de construcción sino también en las pedreras, canteras apropiadas y áreas de almacenamiento de materiales que sirven al proyecto. Adicionalmente, pueden darse impactos ambientales y socioculturales adversos en proyectos tanto de construcción como de mantenimiento, como resultado de la contaminación del aire y del suelo, proveniente de las plantas de asfalto, el polvo y el ruido del equipo de construcción y la dinamita; el uso de pesticidas, derrame de combustibles y aceites; la basura; y, en proyectos grandes, la presencia de mano de obra no residente.³

Los impactos directos en vías terrestres pueden incluir: mayor demanda de combustibles para los motores; accidentes con los medios no motorizados de transporte o el reemplazo de los mismos; mayor contaminación del aire, ruido, desechos a los lados del camino; daños físicos o muerte a animales y personas que intentan cruzar la vía; riesgos de salud y daños ambientales a raíz de los accidentes con materiales peligrosos en tránsito; y contaminación del agua debido a los derrames o la acumulación de contaminantes en la superficie de los caminos.

Los impactos indirectos se encuentran una amplia gama que han sido atribuidos a la construcción o mejoramiento de las vías terrestres. Muchas de éstos son principalmente socioculturales. Éstos incluyen: la degradación visual debido a la colocación de carteles a los lados del camino; los impactos de la urbanización no planificada, inducida por el proyecto; la alteración de la tenencia local de tierras debido a la especulación; la construcción de nuevos caminos secundarios, primarios y terciarios; el mayor acceso humano a las tierras silvestres y otras áreas naturales; y la migración de mano de obra y desplazamiento de las economías de subsistencia.

Como consecuencia de los impactos que sobre la infraestructura vial se generan, se requiere analizar el concepto de riesgo.

1.3.4. Riesgo

Es la exposición a una situación donde hay una posibilidad de sufrir un daño o de estar en peligro. Es esa vulnerabilidad y/o amenaza a que ocurra un evento y sus efectos sean negativos y que alguien o algo puedan verse afectados por él. El riesgo se basa en una posibilidad de resultar afectado o sufrir un daño y el peligro se refiere a probabilidad del daño, es decir es posible que un sujeto o ente sea factible al peligro por consecuencia del riesgo.

³ Libro de Consulta para Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III). Trabajos Técnicos del Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial

1.3.5. Gestión de Riesgo

La gestión de riesgos es el enfoque estructurado para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza, a través de una secuencia de actividades humanas que incluyen evaluación de riesgo, estrategias de desarrollo para manejarlo y mitigación del riesgo utilizando recursos gerenciales. Las estrategias incluyen transferir el riesgo a otra parte, evadir el riesgo, reducir los efectos negativos del riesgo y aceptar algunas o todas las consecuencias de un riesgo particular.⁴

Algunas veces, el manejo de riesgos se centra en la contención de riesgo por causas físicas o legales (por ejemplo, desastres naturales o incendios, accidentes, muerte o demandas). Por otra parte, la gestión de riesgo financiero se enfoca en los riesgos que pueden ser manejados usando instrumentos financieros y comerciales.

El objetivo de la gestión de riesgos es reducir diferentes riesgos relativos a un ámbito preseleccionado a un nivel aceptado por la sociedad. Puede referirse a numerosos tipos de amenazas causadas por el medio ambiente, la tecnología, los seres humanos, las organizaciones y la política. Por otro lado, involucra todos los recursos disponibles por los seres humanos o, en particular, por una entidad de manejo de riesgos (persona, staff, organización).

1.3.6. Mitigación y Adaptación ante los efectos del Cambio Climático.

La **adaptación al cambio climático** se define como las iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de la sociedad y la susceptibilidad de los sistemas naturales, ante los efectos reales o esperados del cambio climático.

Con el término **mitigación al cambio climático** se hace referencia a las políticas, tecnologías y medidas tendientes a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar los sumideros de los mismos, de acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.⁵

A continuación se detallan los impactos que se generan en diferentes sectores y las medidas de mitigación y adaptación que se pueden implementar para reducir los riesgos producidos.⁶

⁴ Informe de Síntesis del IPCC. Tercer Informe de Evaluación, 2007. Se publicó en Accra (Ghana) en marzo de 2001 y representa el primer consenso científico global.

⁵ Ídem

⁶ Opus cit. Sectores de Análisis, Impactos y Medidas A y M

1.4. Diseño Metodológico

1.4.1. *Métodos y Procedimientos aplicados*

Para poder alcanzar los objetivos se realizó una investigación donde se desarrolló en primer lugar un trabajo de campo (recolección de datos) del tramo de carretera y en segundo lugar el trabajo de gabinete para el debido análisis de dichos datos en el cual se emplearon métodos empíricos y especializados.

Entre los métodos empíricos se aplicarán:

1. **La observación:** se realizó visita de campo al tramo de carretera en estudio, para tener una mejor comprensión de la condición de los puntos y zonas críticas del proyecto y se identificó los lugares que presentan mayor riesgo a consecuencia de la ocurrencia de un evento climático natural o antropogénicos en el área de análisis.

Entre los métodos especializados que se apliquen:

1. **Método Analítico:** Se realizó un análisis matemático y lógico de los datos recopilados en el campo y de los datos que nos brinde el diseño del proyecto.
2. **Método bibliográfico o investigación documental:** Se recopiló información de estudios similares al cambio climático, las normativas legislativas nacionales e internacionales, libros con enfoque a la ingeniería aplicados al cambio climático y toda herramienta que nos permita lograr una interpretación correcta de los datos obtenidos.
3. **Método interpretativo:** Se identificó los factores que fomentan la problemática de los desastres por cambio climático y dar respuesta con propuestas concretas y veraces para la solución.

Procedimiento de recolección de datos:

1. Se efectuó un reconocimiento del tramo de carretera, así como un inventario de puntos críticos para determinar el estado actual de la carpeta de rodamiento, señalización vertical y horizontal, el uso de suelo (zona comercial, hospital, colegios, etc.) y sección transversal, para luego verificarlos con los planos y verificar si cumplen con las normas de construcción vigentes.
2. Se aplicó el histograma de Emplazamiento e histograma de Vulnerabilidad, para verificar cuáles son las debilidades del proyecto.
3. Se realizó la recopilación de los datos utilizando formatos de la Guía del CEPEDRENAC y la Guía de Gestión de Riesgo para Proyectos de Inversión del Ministerio de Hacienda. Por medio de esquemas gráficos se tomaron las

medidas pertinentes para cada elemento que compone la carretera por medio de cintas y los datos topográficos se realizó un levantamiento con un GPS. Ver tabla No. 18 Anexos 1.

1.4.2. Cuadro de Certitud Metódica

Cuadro No.1: Certitud Metódica							
Objetivo General	Objetivos Específicos	Información		Herramientas / Métodos	Interpretación	Resultados	
		Unidades de Análisis	Variables			Parciales	Final
Realizar medidas de adaptación y mitigación ante el cambio climático en los puntos críticos del proyecto vial.	Describir el proyecto vial “Empalme El Gigante-El murciélago 6.45 km” Municipio de Tola, Rivas.	Ubicación	Macro localización Micro localización	Revisión Bibliográfica	Mapa de Macro localización Mapa de Micro localización	Descripción del funcionamiento del proyecto vial (Estado actual)	Propuesta de medidas de adaptación y mitigación ante el cambio climático en los puntos críticos del proyecto vial
	Describir la situación actual del área de influencia del proyecto	Área de influencia.	Área de Influencia directa, Área de influencia indirecta	Derecho de vía, (Decreto 46 ley derecho de vía)	Mapa de Área Influencia Total (Área de influencia directa + Área de influencia indirecta).	Estado actual de los componentes ambientales en el área de influencia del proyecto	
		Medio Biótico	Flora, Fauna.	Revisión Bibliográfica, Histogramas de emplazamientos	Diagnósticos de los componentes ambientales.		
		Medio Abiótico	Clima, Aire, Suelo Geología.				
		Medio Socioeconómico	Población, Educación, Salud, Producción, Transporte , Comercio.				
	Determinar el grado de riesgo en la fase de operación del proyecto.	Amenazas naturales	Sismicidad , vulcanismo, deslizamientos, huracanes, Inundaciones	Revisión Bibliográfica. Histogramas de emplazamiento, vulnerabilidad y de Riesgo	Determinación del Riesgo Actual	Identificación y valoración de las amenazas y vulnerabilidades en el área de influencia	
		Amenaza, Antropogénicas	Explosiones, Incendios, Sequia				

Cuadro No.1: Certitud Metódica							
Objetivo General	Objetivos Específicos	Información		Herramientas / Métodos	Interpretación	Resultados	
		Unidades de Análisis	Variables			Parciales	Final
		Balance de Riesgo	Evaluación de emplazamiento, Evaluación de vulnerabilidad				
	Diagnosticar los puntos críticos que existen en el área de influencia del proyecto.	Trazado vial Localización de obras de drenajes	Pavimento, Puentes, Alcantarilla, Cunetas	Inspección in situ (visita de campo).	Diagnósticos de puntos críticos. Mapa de puntos críticos	Identificación de puntos críticos en el área de influencia.	
	Proponer medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático del proyecto	Vulnerabilidad Puntos críticos Diseño de medidas	Grado de Riesgo Estabilidad de taludes, Construcción de cunetas, Rectificación de cauces, obras de drenaje.	Balance de riesgos Cuadros de medidas de mitigación y adaptación y del programa de monitoreo	Documentos y mapas de medidas de mitigación y adaptación.	Medidas de Mitigación y Adaptación.	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO VIAL

2.1. Localización del Proyecto

El proyecto “El Empalme Gigante – El Murciélago (6.45 Km.)” está ubicado en el área rural del municipio de Tola, en una de las principales vías de comunicación hacia la zona turística de playa del municipio. Es además el principal camino de acceso de diferentes comunidades de esta zona con la cabecera municipal y Departamental de Rivas.

Este proyecto inicia a 9.5 km de la cabecera municipal o de la ciudad de Tola. En el mapa a continuación se puede observar la ubicación y las comunidades del municipio donde está inserto el proyecto.

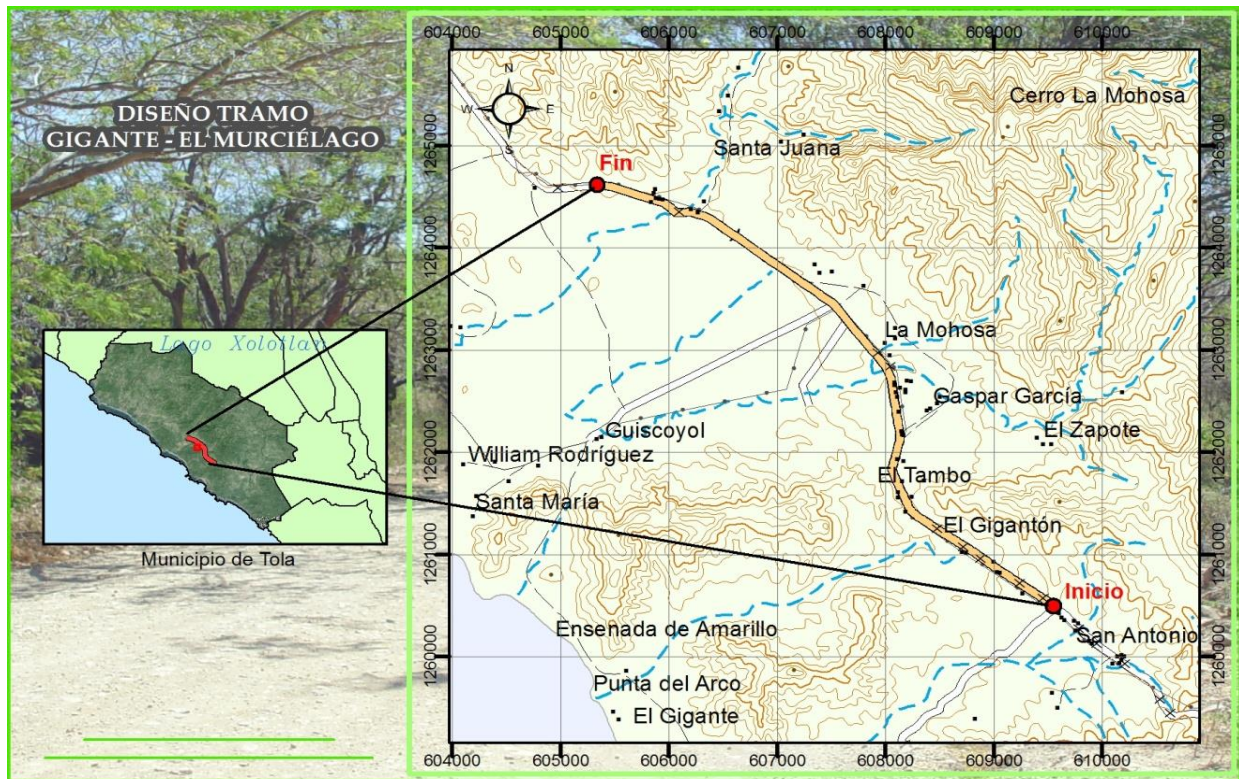
2.1.1. Macro localización

Este proyecto se encuentra ubicado en la Región IV al Sur – Oeste del País en el Departamento de Rivas, Municipio de Tola. Este tramo cuenta con una longitud de 6.45 km. Se encuentra a 10.13 km de la salida sur de Tola. En el Mapa siguiente se puede apreciar la ubicación a nivel regional.



Mapa No.1: Macro localización del Tramo Empalme El Gigante- El Murciélago.
Fuente: Valoración Ambiental del Proyecto

Ubicándose a 800 metros del pie de monte de las estribaciones ubicadas al centro del istmo de Rivas y a 4,200 metros de las costas del pacífico. Ver Mapa N° 2 Micro localización.



Mapa No.2: Micro localización del Tramo El Gigante- EL Murciélago.
Fuente: Valoración Ambiental del Proyecto

2.1.2. Micro localización

2.2. Descripción Técnica del Proyecto Vial.

El proyecto consiste en la construcción de 6.45 km de adoquinado, tiene una superficie de rodamiento de 7.00 m, con ancho de hombro de 60 centímetros, se construyeron 11 alcantarillas, 7 cajas puentes con una longitud total de 35.5 metros.

En algunos tramos, específicamente donde se levantó la rasante, los taludes tienen una longitud de 5 metros a cada lado en algunas partes.

El alineamiento vertical del camino es bastante heterogéneo, con secciones que van desde lo plano, con pendientes mínimas de 3 %, hasta secciones con pendientes de más de 6% en zonas que se caracterizan por ser del tipo ondulada.

La superficie de rodamiento está conformada por una capa de 10 cm de adoquín, 5 cm de arena y 15 cm de base estabilizada con cemento.

El derecho de vía es variable, fluctúa desde los 10.0 metros hasta los 20.0 metros, con un promedio de 12.0 metros en los sectores de menos población rural. La topografía plana del camino y sus alrededores ha favorecido para que existan sitios bien identificados con problemas de drenaje lo que provoca que en estas áreas haya inundaciones con precipitaciones fuertes.

De igual manera, no existen en el tramo cunetas laterales que puedan interceptar y conducir las corrientes de aguas superficiales hacia cauces definidos, alejándolas totalmente de la superficie de rodamiento lo que ayudaría a preservar la misma de deterioros por esta causa. Y las cunetas laterales están totalmente azolvadas producto de que no hay mantenimiento al tramo y esto lo hace más vulnerable ante el cambio climático.

2.3. Costo de la Ejecución

Para la elaboración de los Estudios de Ingeniería y Diseño del camino, los especialistas que atendieron cada una las diferentes áreas, elaboraron el presupuesto de acuerdo a cada actividad de obra que se ejecutó, La construcción del tramo tuvo un costo de **C\$ 135, 196,004.07**. A continuación se presenta el detalle del costo de las actividades ejecutadas.

Tabla No.1: Costos del Proyecto						
ITEM	CONCEPTO	U/M	CONTRATO			
			CANTIDAD	COSTO UNITARIO (C\$)	COSTO TOTAL (C\$)	% PESADO
	TRABAJOS ADMINISTRATIVOS				1500,000.00	1.29%
110(6)	Trabajos por Administración	Global	1.000	1500,000.00	1500,000.00	1.29%
	MOVIMIENTO DE TIERRA				22554,114.620	19.35%
110(09)	Movilización	Gbl	1.000	120,000.00	120,000.000	0.10%
201(1)	Abra y Destronque	Ha	2.575	15,891.11	40,919.610	0.04%
203(1)	Excavación en la Vía	M³	34,994.895	121.63	4256,429.080	3.65%
203(2)	Sub excavación	M³	2,379.640	137.15	326,367.630	0.28%
203(3)	Préstamo no clasificado	M³	30,633.640	300.00	9190,092.000	7.89%
203(9)	Construcción de terraplenes	M³	30,633.640	281.40	8620,306.300	7.40%
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				55293,382.48	47.44%
304(2)	Capa de base de agregados tratados con cemento , graduación C	M³	8,717.855	1,300.00	11333,211.500	9.72%

Tabla No.1: Costos del Proyecto						
ITEM	CONCEPTO	U/M	CONTRATO			
			CANTIDAD	COSTO UNITARIO (C\$)	COSTO TOTAL (C\$)	% PESADO
505(1)	Pavimento de Adoquines de Concreto	M ²	48,432.565	690.00	33418,469.850	28.67%
505(1 B)	Bordillo de concreto de 3000 PSI (altura 400 mm)	M	13,486.327	440.73	5943,828.900	5.10%
913(3)	Cuña de bordillo con revestimiento de cauce Tipo VII, espesor de 12 cm	M ²	10,897.756	421.91	4597,872.230	3.95%
	DRENAJE MENOR				37200,782.27	31.92%
	Demolición de alcantarillas y otras estructuras de drenaje	M ³	225.600	406.13	91,622.930	0.08%
207(1)	Excavación para estructuras	M ³	4,794.284	86.89	416,575.340	0.36%
207(3)	Relleno de cimientos (suelo cemento)	M ³	653.717	1,952.19	1276,179.790	1.09%
602(3 B)	Concreto estructural para elementos estructurales de puente fc'=280kg (4000 PSI o 28Mpa)	M ³	1,455.191	11,934.74	17367,326.240	14.90%
604 (1A)	Acero de refuerzo grado 60	Kg	233,080.529	56.98	13280,928.540	11.40%
	Mampostería de piedra dura con mortero-arena- cemento	M ³	520.585	3,741.36	1947,695.900	1.67%
701 (1)	Suministro e instalación de tubería de concreto reforzado 42" ,Clase II	M	208.000	7,069.91	1470,541.280	1.26%
701(1 6)	Material de Lecho de alcantarilla, Clase "B"	M ³	28.070	948.46	26,623.270	0.02%
701(1 8)	Material para relleno de alcantarillas	M ³	988.110	236.55	233,737.420	0.20%
910(5)	Zampeado con mortero Clase I	M ³	24.376	3,648.30	88,930.960	0.08%
913(2 13)	Revestimiento de cauces Tipo VIII , espesor 15 cm	M	1,410.000	709.66	1000,620.600	0.86%
	VALOR DE LA OBRA				116548,279.37	100.00%
	IMPUESTOS MUNICIPALES				1165,482.79	
	IMPUESTOS AL VALOR AGREGADO (IVA)				17482,241.91	
	MONTO TOTAL INCLUYENDO IMPUESTOS				135196,004.07	

Fuente: Elaboración propia

2.4. Importancia del Proyecto en el territorio

El proyecto Empalme El Gigante- El murciélago es de gran importancia ya que la zona donde se emplazó el proyecto es de Pobreza Extrema y Pobreza media y con la ejecución del mismo, la facilidad de traslado de las personas es mucho mejor ya que pueden transitar en cualquier época del año, porque que el aislamiento que sufrían las comunidades producto de la escorrentía en la época de invierno era critico ya que no existían una buena infraestructura de drenaje. El acceso a los centros de salud es más rápido debido a que todas estas comunidades están a más de 5 km de distancia de un centro de salud.

El traslado de turistas es mucho mejor, porque en la zona existen muchas playas de importancia para el desarrollo de fuentes de trabajo en las comunidades, se ha podido constatar que ya existen nuevos negocios que antes no existía. El acceso al aeropuerto Costa Esmeralda más rápido para el traslado de los turistas. Los servicios básicos ya existen como cable de televisión, agua potable y recolección de desechos.

2.5. Beneficios del Proyecto

El proyecto vial generó los siguientes beneficios directos:

- Ahorro en los Costos de Operación Vehicular ya que el tiempo de traslado se redujo en tiempo de 30 minutos a 7 minutos en poder transitar los 6.45 km.
- Ahorro en los Costos de Mantenimiento de vehículos, servicio eléctrico.
- Ahorro en el tiempo de viaje de los pasajeros, turistas nacionales y extranjeros.
- Plusvalía a los terrenos que están en el área de influencia del proyecto.
- Incorporación de nuevos negocios y bancos que generan empleo directo a la población de la zona.
- Recolección de los desechos por la alcaldía de Tola.
- Incorporación de Servicios de Agua, internet por fibra óptica.
- Dinamización de la economía por la utilización de bienes y servicios locales.

Los beneficios indirectos de esta carretera se destacan los siguientes:

- Generación de nuevas fuentes de empleos en las playas que conecta el tramo.
- Mayor seguridad a la población y turistas en las distintas comunidades que conectan al tramo.
- Apoyo a proyectos productivos para aquellas personas que dependen de los usuarios.
- Más inversión Nacional y extranjera en proyectos turísticos.

2.6. Síntesis del Capítulo

En este capítulo se abordaron las características principales del proyecto ejecutado, donde se establecieron de forma general los elementos básicos que componen esta obra vial, como su ubicación geográfica, descripción general del tramo, la composición del pavimento, drenaje, topografía, sección típica y el costo de inversión. Asimismo se determinó la importancia territorial de este proyecto y los importantes beneficios que trajo para las comunidades de la zona.

CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA

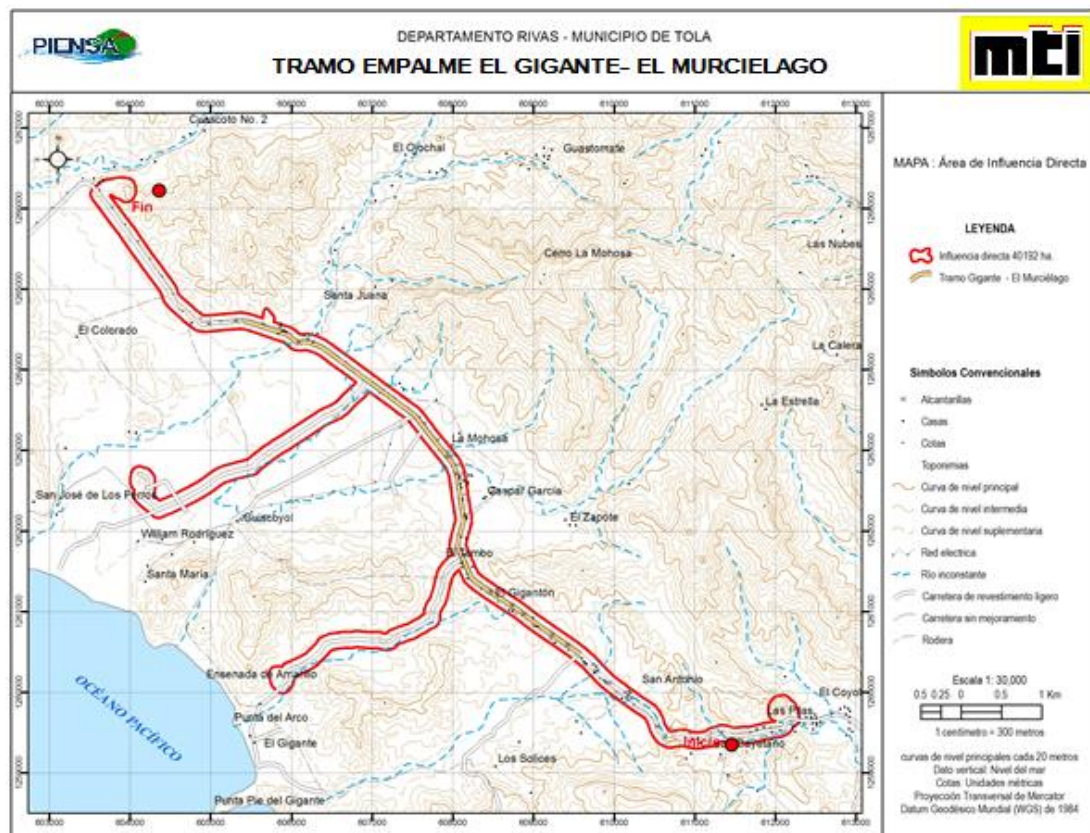
Posterior a la descripción técnica del Empalme, se procedió a establecer de forma complementaria el estado actual de los componentes ambientales del área de influencia de este proyecto. Reviste especial atención la caracterización del estado de componentes que, en el marco de la realidad del Cambio Climático, implican amenazas latentes para el proyecto (e.g. geología, de donde se identifican los deslizamientos).

3.1. Definición del Área de Influencia del Proyecto

El área de influencia del proyecto se determinó mediante las consideraciones de las características topográficas de los terrenos circundantes al eje vial, las comunidades y caminos colectores al tramo.

3.1.1. Área de Influencia Directa

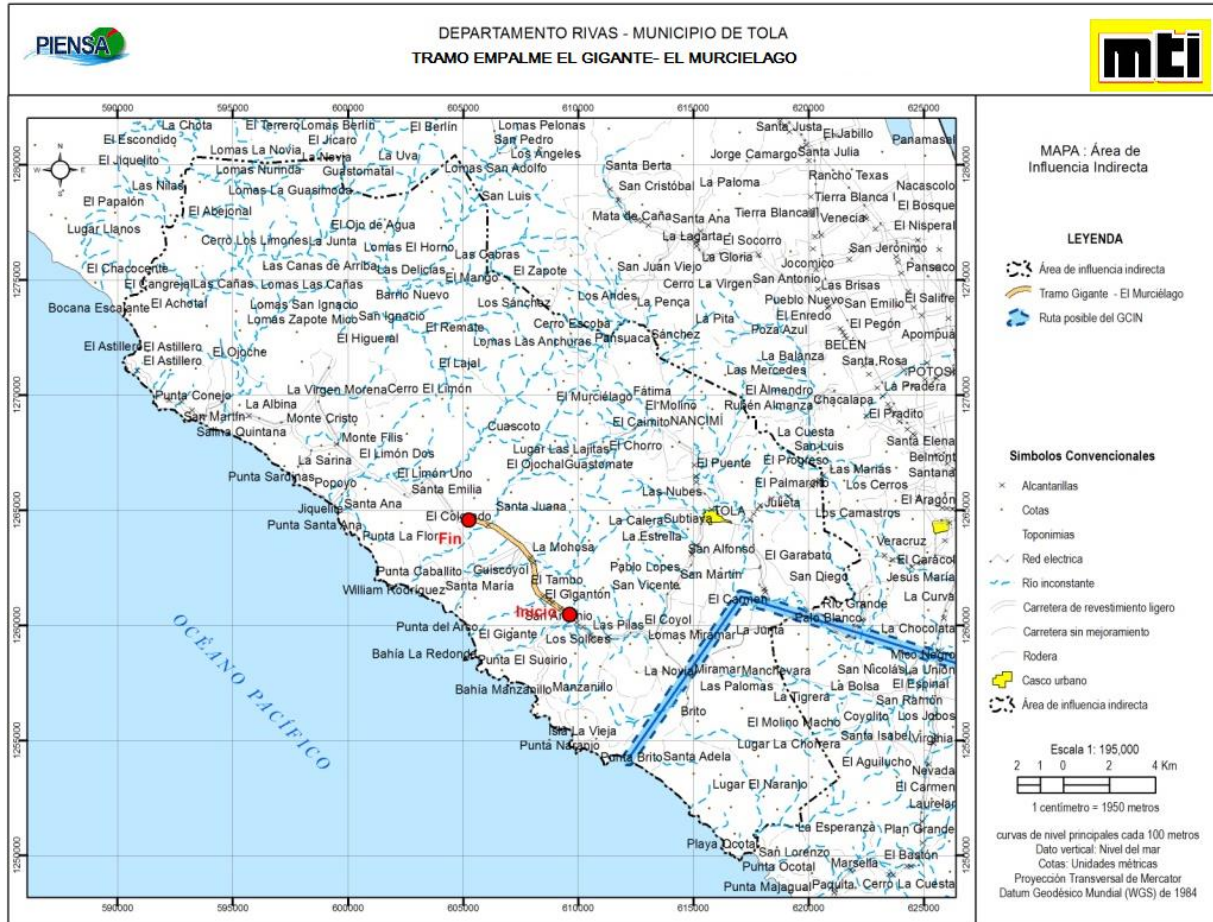
El área de influencia directa corresponde al eje de diseño de la vía y 20.00 mts a cada lado, también la ruta donde se obtenía los bancos de préstamos de material para la construcción del terraplén y la base de la estructura de pavimento. También incluyó el área de planteles, resguardo de cualquier material, y botaderos de material desechable.



Mapa No.3: Área de Influencia Directa
Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Área de Influencia Indirecta

Esta se define como el área en donde el proyecto tuvo influencia durante el proceso de construcción y post construcción. Esta influencia está determinada por el origen de los vehículos que utilizan la vía y que al pasar por el proyecto tuvieron atrasos e inconvenientes y todos los lugares o comunidades de donde provienen los trabajadores. Incluye también las vías alternas utilizadas como desvíos y los bancos de materiales. Esta área se puede determinar como el área total del Municipio de Tola que fue beneficiado de forma indirecta por esta obra.



Mapa No.4: Área de Influencia Indirecta
Fuente: Elaboración propia

3.2. Estudio del Medio Abiótico

3.2.1 Clima

a) Clasificación climática

Tola tiene un clima tropical. Pero en invierno en Tola hay mucho menos lluvia que en verano. De acuerdo con Köppen y Geiger se clasifica como Aw – Clima Tropical con invierno seco, el cual se caracteriza porque todos los meses tienen una temperatura

media superior a los 18 °C y las precipitaciones anuales son superiores a la evaporación. Ver figura No. 6 Anexos.

b) Precipitación

Hay alrededor de precipitaciones de 1527 milímetros anuales de precipitación. Se encuentran dos periodos de estaciones muy marcados en Tola. Una seca que va desde noviembre hasta abril, aunque a veces el régimen de lluvias se prolonga con ligeros aguaceros hasta mediados de noviembre y otro lluvioso que va desde mayo a octubre con dos su período: mayo a junio, en donde el régimen de pluviosidad es relativamente poco: 600 a 800 mm. Y el otro que va de julio a octubre con lluvias que registran 800 a 1000 mm, las precipitaciones máximas están entre mediados de septiembre a octubre. Conociéndosele a este fenómeno popularmente como canícula y ésta puede ser, moderada, fuerte y severa.

Los mayores acumulaciones de precipitación se dan después de la canícula período de mayor peligrosidad de inundaciones y deslizamientos que es el factor de mayor afectación sobre este tramo, es importante destacar que aunque las precipitaciones no son fuertes, sin embargos hay sitios que están propensos a inundaciones por la crecida de los ríos o quebradas, y en muchos casos hay incomunicación física por corte de caminos por corrientes pluviales. Ver Figura No. 7 Anexos

c) 2.2.1.3 Temperatura

Esta oscila entre los 25° a 27°C. En esta zona la temperatura media anual es de 27.04°C, oscilando entre los 26.10°C y los 28.5°C, las mayores temperaturas se presentan entre los meses de abril y mayo, descendiendo paulatinamente mientras se establece el período lluvioso. Como las diferencias de temperatura no son grandes la zona es apta para agricultura y ganadería. Ver Figura 8 Anexos

d) Vientos

Los vientos principalmente están dominados por los **vientos Alisios** y en segundo lugar por las **brisas marinas**, la dirección predominante del viento es del Este con ligeras variaciones del Noreste, la velocidad media del viento es de 3.05 m/s, los vientos más fuertes se presentan durante los meses de diciembre y enero que incomodan a las navegaciones en los primeros meses del año, disminuyendo hasta alcanzar sus mínimas entre septiembre y noviembre.⁷ Ver figura No.9 Anexos.

⁷ Plan de desarrollo Municipal de Tola, Rivas (2011-2030)

¹⁰ Corea y Asociados S.A. (CORASCO). Revisión de Estándares. Propuesta de Modificación con Inclusión de criterios de Cambio Climático del: Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, Programa de Apoyo al Sector Transporte – PAST-DANIDA / Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2008). Componente 3.

En la figura No.1, se presentan Proyecciones de cambio climático en lo que respecta a precipitación, temperatura y cambios en el Nivel del mar para la región del pacifico sur de Nicaragua⁸:

Cambios en las precipitaciones por regiones climáticas			
Regiones climáticas	Precipitaciones		
	Precipitación acumulada	Número de días secos	Intensidad de precipitación
Pacífico Sur	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de un 17% en los meses de junio y octubre. • Ligera disminución los meses de julio, agosto y septiembre. • A nivel anual se proyecta una reducción del 4%. 	Incremento anual de un 6%.	Incremento de intensidad de precipitación 10-minutal y 30-minutal.

Cambios en las temperaturas por regiones climáticas		
Regiones climáticas	Temperaturas	
	Temperatura media 30-anual	Número de días de temperatura superior a 35°C
Pacífico Sur	Aumento de 0.6°C	No se proyectan cambios

Figura No.1: Cambios en las precipitaciones por regiones climáticas

Fuente: Propuesta de modificación con inclusión de criterios de cambio climático al manual centroamericano de mantenimiento de carreteras

e) Cambios en el nivel del mar

Las proyecciones del IPCC muestran una tendencia de aumento del nivel del mar de forma global. Estas proyecciones evalúan todos los procesos que afectan al cambio del nivel del mar. Para el periodo comprendido entre 2046-2065, se espera que la media del aumento del nivel del mar esté cercano a 0.26 m oscilando entre un rango de incertidumbre de 0.19 m a 0.33 m (IPCC, 2014). Un aumento de los niveles medios del mar puede generar una reducción de los periodos de retorno de fenómenos extremos como las inundaciones costeras.

3.2.2 Suelo

El tipo de suelo más predominante es el: **Miramar 2.34% (11.1 kms²)**: son de un orden de suelos alfisoles en el sistema de Soil Taxonomy. Son suelos minerales que

⁸ Definiciones y parámetros de variables edafológicas, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas Eduardo Marín C. Consultor en Suelos.

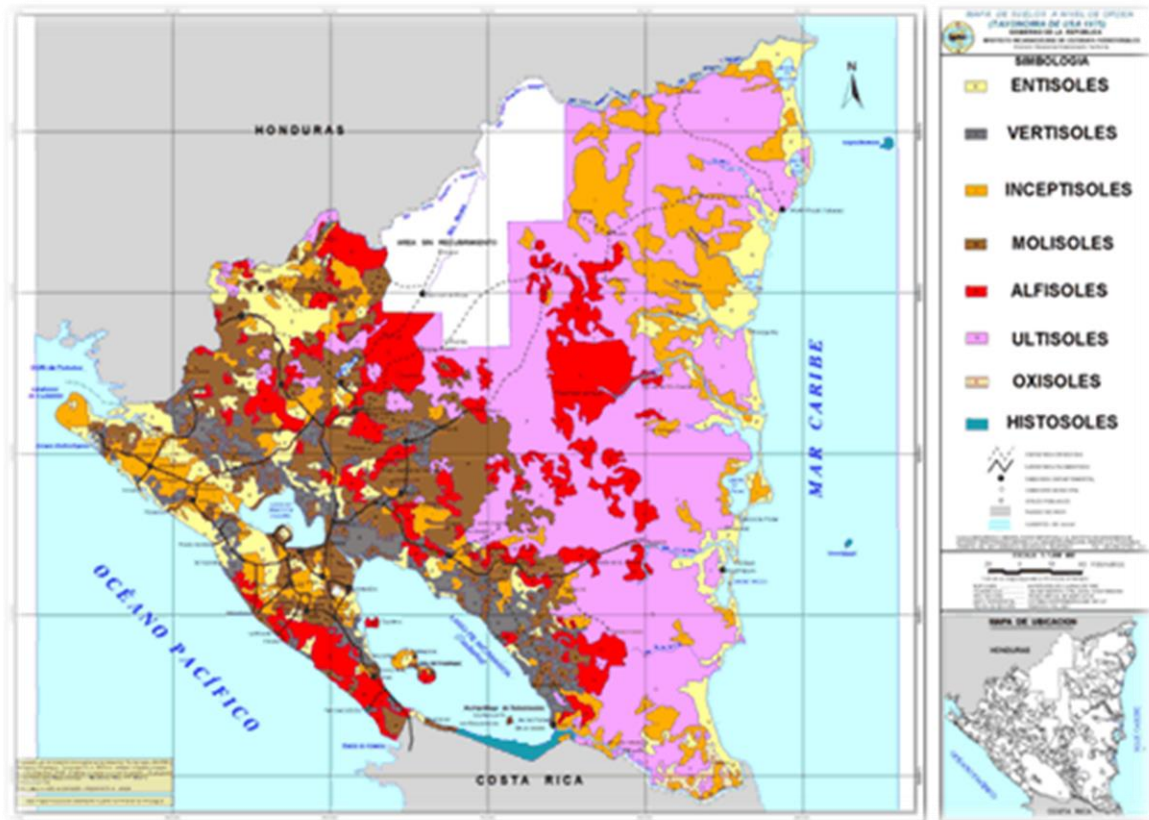
presentan un endopediión argílico o kándico, con un porcentaje de saturación de bases de medio a alto.

La serie Miramar consiste de suelos profundos, moderadamente bien a algo pobremente drenados, de textura fina, pardo muy oscuro que se derivan de aluviales viejos cuyo origen son las tierras altas que los rodean. Los suelos se encuentran en amplias planicies a lo largo del Río Brito, extendiéndose de dos kilómetros al sur de Tola hasta 1.50 km de la costa del Pacífico. Están asociados con suelos Aluviales indiferenciados, Coluviales y San Rafael en las partes altas.

Los suelos Miramar son similares a los suelos El Limón, pero no tienen tan buen drenaje. También son similares a los suelos Güisoyol, pero carecen del substrato gravoso. El grupo que pertenece este tipo de suelo es Alfisoles, a continuación, se detallan las características de los Alfisoles:

Son suelos minerales que se caracterizan por presentar epipedones úmbricos u ócricos que descansan sobre un horizonte argílico o nátrico, acompañado de una saturación de bases, por suma de cationes de 35% o más a una profundidad de 1.25 m por debajo del límite superior del horizonte argílico o a 1.80 m por debajo de la superficie del suelo; mantienen agua a menos de 15 bares de tensión por lo menos durante 3 meses cuando el suelo es suficientemente cálido para que las plantas crezcan a la intemperie.

La Temperatura promedio anual del suelo es generalmente mayor de 8 °C, y anteriormente fueron denominados como: Pardo no calcáreo, Podzólicos pardo grisáceos, Suelos grises de bosques y Planosoles. En el mapa No.3 se muestran los tipos de suelo de Nicaragua.



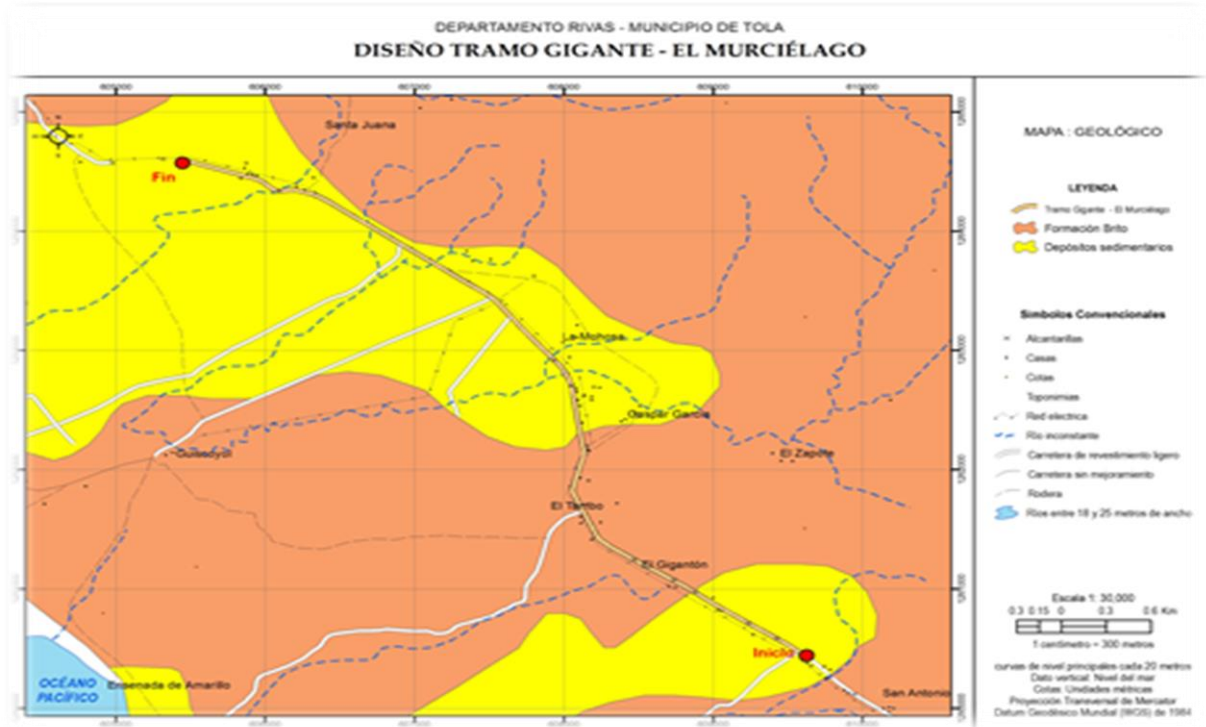
Mapa No.5: Tipos de Suelos de Nicaragua
Fuente: Informe Técnico CORASCO

3.2.3 Agua

El tramo de carretera Empalme El Gigante – El Murciélagos, es atravesado por la **Cuenca 68 “Entre Río Tamarindo y Río Brito”**. Esta a su vez es conformada por la subcuenca **“Entre Río El Limón y Río Manzanillo”**.

Estas micro cuencas drenan sus aguas a la Cuenca 68, que corresponde a los ríos Soledad, El Carmen, Citalaya, Masachapa, Tecolapa, Casares, Escalante, Corcuera, quebrada El Olote y Quebrada La Boba y descarga sus aguas en el Océano Pacífico, En el mapa No.6 se puede observar la red hídrica del proyecto.

Las corrientes de los cauces y ríos que atraviesan este tramo de carretera drenan un total de 3,437.88 ha (34.38 km²), siendo los más representativos los ríos: El Murciélagos, que posee una cuenca hidrográfica con mayor área 17.49 km², con un caudal de 161.70 m³/seg; y el Río Corcuera es la segunda cuenca hidrográfica con un área 10.78 km² y un caudal de 113 m³/seg.



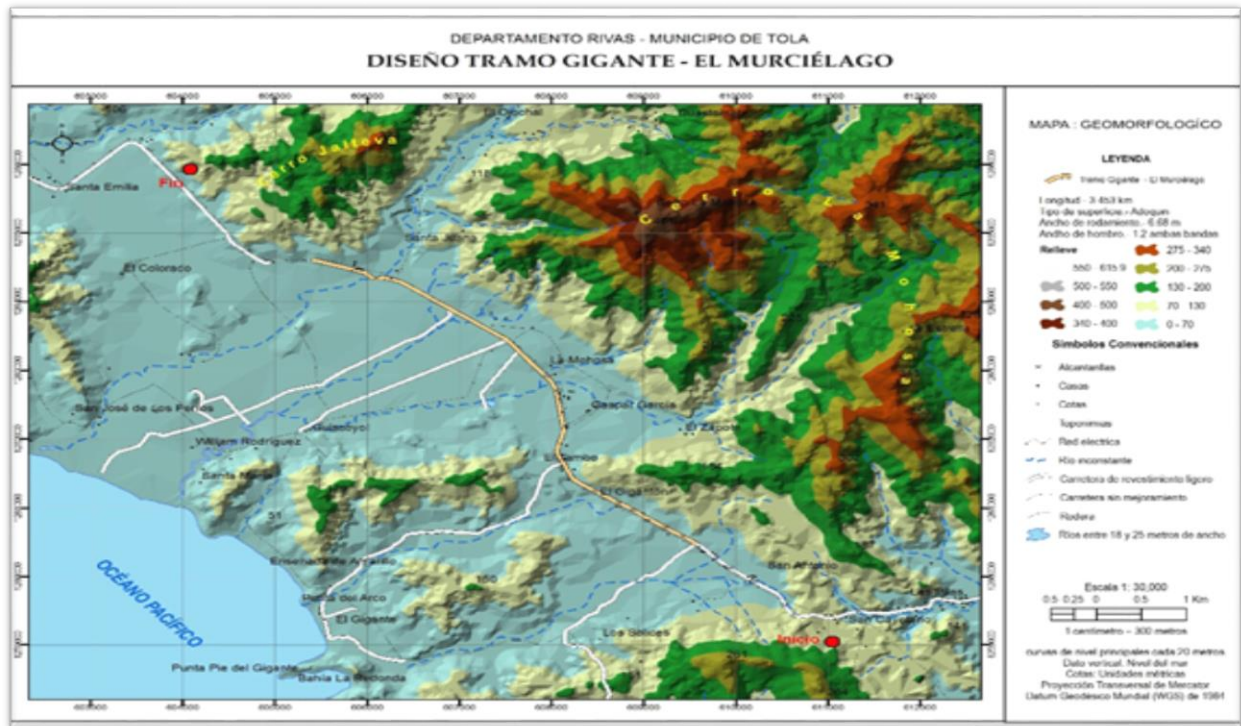
Mapa No.7: Geología del tramo El Gigante - El Murciélago.
Fuente: Informe CORASCO

La unidad importante de roca está compuesta por la formación Brito (Teb), compuestas de rocas volcánicas fragmentarias compactadas o tobas de cenizas, calcáreas y areniscas calcáreas y arcillosas, conglomeráticas y lutitas. Esta se encuentra entre la estación 0+883.84 hasta la estación 2+578.84 o sea tiene una extensión de 1,695 metros.

3.2.5 Geomorfología

El Municipio de Tola está conformado por una serie de pequeños cerros que se prolongan hasta la frontera con Costa Rica, sirviendo a la vez de parte agua entre la vertiente del Pacífico y la Vertiente del Atlántico. En el mapa No. 8 se observa la Geomorfología del tramo Gigante-El Murciélago.

El camino discurre en la planicie ubicada al Sur – Oeste del Cerro La Mohosa con una altura máxima de 476 msnm, el camino inicia en la parte alta de unas estribaciones que sirven de parte agua a las quebradas La Boba y El Ojote, en la parte plana es atravesada por dos quebradas principales que son La Corcuera y El Murciélago en las que se puede encontrar agua solamente en el período lluvioso, han perdido su caudal principalmente por la deforestación ocurrida en los cerros y al arrastre del suelo; finalizando el tramo en el pie de monte del Cerro Jalteva.



Mapa No.8: Geomorfología del tramo Gigante-El Murciélago.
Fuente: Informe CORASCO

Al Sur-Oeste del camino se observa primeramente una planicie que se extiende hasta unos pequeños cerros que no superan los 180 msnm, al costado Oeste de estos nos encontramos directamente con el Océano Pacífico a una distancia de 2.4 km del camino. En el Mapa 4 se pueden apreciar la geomorfología de la periferia del proyecto.

3.3. Estudio del Medio Biótico

3.3.1. Flora

En el tramo actualmente se encuentra despejado el Derecho de vía y solamente se encuentran arbustos, maleza y árboles que no son de gran tamaño, en cuanto a altura y diámetros (Ver tabla No.2 y Figura 2).

Tabla No.2: Listado de la flora existente en el derecho de vía del tramo

Nombre Común	Nombre Científico
Madero negro	Gliricidia sepium
Malinche de maton	Azadirachta indica
Laurel	Cordia alliodora
Jicaro	Crescentia alata
Guacimo de ternero	Guazuma ulmifolia
Genizaro	Albizia saman
Guanacaste	Enterolobium cyclocarpum
Cornizuelo	Acacia (Vachellia) collinsii
Neem	Azadirachta indica
Muñeco	Cordia bicolor DC
Cedro	Cedrella odorata
Carao	Cassia grandis
Acetuno	Simarouba glauca Aubl
Quebracho	Lysiloma auritum
Jobo	Spondias mombin
Poro Poro	Cochlospermum vitifolium
Gavilán	Albizzia guachepele
Leucaena	Leucaena leucocephala
Capulin	Muntingia calabura
Ceiba	Ceiba pentandra (L.)
Roble	Tabebuia rosea
Javillo	Hura crepitans L.
Cortez	Tabebuia chrysantha
Jardillo	
Carbón	Astronium graveolens
Acacia amarilla	Senna siamea
Melero	Thouinidium decandrum
Tiguilote	Cordia dentata
Papilon	
Chaperno	Lonchocarpus rugosus ssp. Gillyi
Mango	Mangifera indica
Marango	Moringa oleifera
Jiñocuabo	Bursera simaruba
Pochote	Pachira quinata
Madroño	Calycophyllum candidissimum

Fuente: Informe Técnico de Estudio de Impacto Ambiental









Figura 2: Imágenes de la flora existente en el derecho de vía del tramo
Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Fauna

La fauna es muy escasa, lográndose observar ciertas aves entre ellas tenemos: urracas, chocoyos, oropéndolas, guardabarrancos y sanates, no se observan en la trayectoria del tramo sitios de anidación, pero utilizan algunos árboles como área de descanso.

Lo único que se puede observar en la zona son algunos mamíferos en ellos los Monos aulladores, que se han acostumbrado a la presencia de las personas y deambulan a veces muy cerca de las casas en busca de alimentos o los árboles frutales sembrados en los solares y de manera menos casual se pueden observar ardillas e iguanas. Ver Tabla No. 3.

Tabla No.3. Especies de Aves y mamíferos que se encuentran en la zona del proyecto

NOMBRE COMÚN / NOMBRE CIENTIFICO	
<p>Urraca/ <i>Calocitta formosa</i></p> 	<p>Oropéndola / <i>Psarocolius Montezuma</i></p> 
<p>Ardilla / <i>Sciurus variegatoides</i></p> 	<p>Mono / <i>Alouatta palliata</i></p> 
<p>Perico/ <i>Aratinga hotochlora</i></p> 	<p>Guardabarranco / <i>Eumomota Superciliosa</i></p> 

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Estudio del Medio Socioeconómico

A nivel departamental, el municipio de Tola ocupa el segundo lugar en tamaño de población. Rivas que concentra mayor cantidad de actividades como cabecera departamental, es la que ocupa el primer lugar con 45,169 habitantes.

El municipio de Tola tiene una población proyectada con tasa de crecimiento del año 2015 al 2020 de 23,089 habitantes, llegando hasta un 87% de personas que habitan la zona rural y solo un 13% la zona urbana.

En cuanto a la división por sexo, en el municipio se encontró que del total, el 51% son hombres y el 48,9% son mujeres. Esta es una diferencia con los promedios nacionales, que indican lo inverso, porque hay una ligera mayoría de mujeres con respecto a los hombres

Tabla No.4.: Distribución de Población por Sexo			
Año	Hombres	Mujeres	Ambos sexos
2005	11,239	10,773	22,012
2017	11,239	11,850	23,089
% (2017)	48.68	51.32	
Fuente: Elaboración propia, proyección con base a datos INIDE 2005 (Tasa de Crecimiento 2015-2020)			

3.4.1 Comunidades en el borde de la vía

A pesar de que en el tramo aparentemente hay muy poca población, existen varias comunidades que resultarán beneficiadas. En el borde del tramo que comprende el proyecto se encuentran las comunidades de, El Tambo y El Murciélago, utilizan también este tramo como salida inmediata, las comunidades de El Ojochal y Wastomate (ubicados sus caseríos principales a 2km aproximadamente). En el inicio se encuentra San Antonio y al final el Asentamiento 23 de Octubre. Estas son las comunidades que son directamente beneficiadas por estar en el entorno directo del emplazamiento del proyecto. Se enumeran estas comunidades en la tabla a continuación.

Tabla 5: Comunidades donde estará emplazado el proyecto	
No. de ítem	Comunidades
1	El Tambo
2	El Murciélago (que contiene a Santa Juana)

3	El Ojochal
4	Wastomate
5	San Antonio (al inicio del tramo).
6	Asentamiento 23 de octubre (al final del tramo).
Fuente: Elaboración propia con base en recorrido por el tramo.	

3.4.2 Población de las comunidades del borde de la vía

Como se afirmó esta vía es el principal acceso a toda la zona turística de playa del municipio de Tola, y en su trayectoria de los 6.45 km se encuentran establecidas varias comunidades que se benefician de este acceso. De las comunidades que se encuentran en la trayectoria del tramo de carretera, la comunidad de El Tambo es la más grande, en lo que respecta a la población, seguido por la comunidad El Murciélago, (dentro de esta última se encuentra la comunidad de Santa Juana).

Tabla No.6: Población Beneficiada por el proyecto		
No.	Comunidades	Población Total (2017)
1	El Tambo	T408
2	El Murciélago (que contiene a Santa Juana)	118
3	El Ojochal	226
4	Wastomate	126
5	San Antonio (al inicio del tramo).	154
6	Asentamiento 23 de octubre (al final del tramo).	292
Total		1324
Fuente: Elaboración propia, proyecciones con base a datos INIDE 2005 (Tasa de crecimiento 2015-2020).		

Debe destacarse que esta población es la más afectada en el momento de la construcción de la obra, pero, en el momento de puesta en operación serán los más beneficiados. Se debe mencionar entonces como afectados directos, al total de las comunidades dentro de las que se encuentra inmerso el proyecto.

3.4.3 Población según sexo en las comunidades afectadas directamente

Al igual que los datos municipales, en las comunidades donde está ubicado el proyecto, se observa mayor presencia de varones que de mujeres, esto podría estar indicando mayor migración de las mujeres en busca de empleo o mejores condiciones de vida en otras zonas.

Tabla No.7. Población por Comunidad y por Sexo				
No.	Comunidades	Proyección Población 2017		
		Hombres	Mujeres	Población Total
1	El Tambo	207	201	408

2	El Murciélago (que contiene a Santa Juana)	62	56	118
3	El Ojochal	116	110	226
4	Wastomate	60	66	126
5	San Antonio (al inicio del tramo).	78	76	154
6	Asentamiento 23 de octubre (al final del tramo).	137	155	292
Total		660	664	1324
%		49.83	50.17	100
Fuente: Elaboración propia, proyecciones con base a datos INIDE 2005 (Tasa de crecimiento 2015-2020).				

De esta población se puede observar que el 50.17% son varones y el 49.83% son mujeres. En cada una de las comunidades la cantidad de hombres es mayor que el de mujeres.

3.4.4 Infraestructura Social

a) Viviendas

La infraestructura básica encontrada en el borde de la vía son las viviendas de los pobladores. Siempre tomando como referencia datos oficiales del INIDE de 2005, el municipio de Tola tiene un total de 5,091 viviendas de las que el 85,2% (4,336), están ocupadas. Ver tabla No.7.

Tabla No.8. Viviendas por Área			
Tipología	Viviendas	Ocupadas	% Ocupadas
Urbano	600	524	87,3
Rural	4491	3812	84,9
Total	5091	4336	85,2
Fuente: Elaboración propia con base en datos INIDE 2005.			

De estas viviendas el 11,8% están en el área urbana y el 88,2% en el área rural. Se puede observar que en el área rural hay un porcentaje menor de casas habitadas (dicho de otra manera en el área rural, de cada 100 viviendas 15 están deshabitadas), mientras que en el área urbana el porcentaje es un poco mayor el número de viviendas habitadas. Esto, puede continuar apuntando a la migración campo – ciudad.

Tabla No.9. Viviendas y Calidad de Infraestructura			
Tipología	Viviendas Totales	Viviendas Inadecuadas	% Viviendas Inadecuadas
Urbano	600	89	14,8
Rural	4,491	906	20,2
Total	5,091	995	29,5
Fuente: Elaboración propia con base en datos INIDE 2005.			

De todas las viviendas del municipio se encontró que casi un 30% está en condiciones inadecuadas, lo que significa que al menos dos de los tres elementos estructurales que la componen están en inadecuadas condiciones. Si se observa por área, es en lo

rural donde más viviendas inadecuadas se encuentran, llegando hasta un 20,2%, mientras en lo urbano representan solo el 14,8%. Hay que recordar que la pobreza se refleja más en las partes rurales del país. O sea esto es coincidente con datos nacionales. En la tabla No. 9 Anexos 1 se encuentran las viviendas y calidad de la infraestructura.

Tabla No.10 Vivienda por Comunidad, Estado y Nivel de Ocupación sobre el Proyecto			
Comunidad	Total de viviendas	Viviendas ocupadas	Viviendas inadecuadas
El Tambo	117	75	20
El Murciélagos	28	23	13
El Ojochal	45	42	13
Wastomate	25	23	6
Total	215	163	52
%	100,0	75,8	24,2
Fuente: Elaboración propia con base en datos INIDE 2005.			

En el municipio se encuentra un promedio de 5,1 habitantes por vivienda, ya visto por área, en lo rural hay 5 habitantes por vivienda, mientras que en lo urbano hay 5.4, es donde hay más personas por viviendas, se esperaría que sea el área rural donde haya más sin embargo es lo contrario. Hay que recordar que el área urbana es un atractivo para la migración en búsqueda de empleo y mejores condiciones de vida. En la tabla No.10 se encuentra viviendas por estado de ocupación y habitantes por vivienda.

b) Viviendas en las comunidades del borde de la vía

Trasladando estas mismas variables a las comunidades del borde de la vía, se recuerda que aquí están 2 comunidades (El Tambo y El Murciélagos), y dos (El Ojochal y Wastomate), están interconectadas por caminos que empalman con esta misma carretera. Según datos de INIDE, en estas 4 comunidades hay 215 viviendas de las que el 75,8% están ocupadas. De las mismas 215, el 24,2% son viviendas inadecuadas para ser habitadas.

Si se toma en cuenta el promedio de personas por viviendas para el área rural de este municipio, se puede decir que en las 215 viviendas el total directo que afectará será de 1,075 habitantes, ver tabla a continuación para mayor especificidad por comunidad.

Tabla No.11. Vivienda en el borde del tramo por comunidad	
Comunidad	Viviendas
El Tambo	40
El Murciélago	21
Total	61
Fuente: Elaboración propia con base en datos INIDE de 2005	

c) Afectaciones en el borde inmediato

Delimitando aún más, en los 6 km de recorrido solamente se encontraron 61 viviendas, son las únicas que están en el borde inmediato de la vía, se puede decir que la mitad de ellas están dispersas a lo largo del camino y la otra mitad en caseríos como El Tambo, entrada a El Ojochal y el sector de Santa Juana de la comunidad El Murciélago.

Ninguna de estas 61 viviendas está expuesta en sus estructuras en el momento de la construcción de la vía. No habrá afectaciones a la única infraestructura presente en el trayecto.

Tabla No.12. Comunidades al borde Inmediato	
Comunidad	Viviendas
El Tambo	40
El Murciélago (Santa Juana)	21
Total	61

Fuente, elaboración propia con base en recorrido al tramo.

d) Otra Infraestructura Social

A excepción de las viviendas, no existe ningún tipo de infraestructura social en el borde de la carretera. Existe frente a la carretera, pero fuera del derecho de vía, principalmente en la comunidad de El Tambo se encuentra el cementerio.

En el caso de la comunidad de Santa Juana, se encontró una casa comunitaria de un proyecto de productores, pero siempre fuera del derecho de vía.

La única escuela relativamente cerca, está a algunos cientos de metros de la vía en la comunidad de El Tambo.

3.4.5 Actividades económicas del municipio de Tola

Tomando en cuenta que el 87% de la población habita en el área rural, se reafirma que la mayor parte de las actividades económicas están relacionadas con la agricultura y la ganadería, que se ubican en el primer sector de la economía.



Figura No. 3 Porcentaje de empleos según sectores económicos.
Fuente: Caracterización económica Alcaldía de Tola 2009

Es necesario mencionar que en décadas anteriores predominaba la agricultura y la ganadería, pero, desde los años 1990, se ha ido desarrollando el turismo como una actividad generadora de ingresos para el municipio.

Según datos de la caracterización económica elaborada por la alcaldía de Tola:

- El sector económico que más índice de empleo genera es el primario con un 59% de las actividades económicas, principalmente en los rubros de agricultura y ganadería.
- El sector secundario ocupa el segundo lugar en la generación de empleo con un 23%, principalmente en el área de la construcción y elaboración de ladrillo de barro.
- El sector terciario es el menos representativo en el desarrollo de las actividades económicas, concentrando el 18% de los empleos que oferta el Municipio, concentrado mayormente en el área urbana, aunque en los últimos años ha ido tomando importancia, aun no supera a los otros sectores de la economía.

A partir de datos encontrados en la caracterización económica elaborada por la alcaldía de Tola para el año 2009, se puede observar que en los sectores Primario y Secundario se encuentra la mayor cantidad de personas empleadas y predominan los hombres, en el caso del sector Terciario, es el que concentra la menor cantidad de personas empleadas y es donde predominan las mujeres.

A partir de lo descrito en la tabla anterior se puede observar que el sector Primario contiene al 59,3% de la población empleada, en el sector Secundario se encuentran el 23% y en el Terciario el 17,7%. Ver Figura No.3.

a) Actividades de la economía por Sector

• Sector Primario

Siempre tomando en cuenta los datos recopilados por la alcaldía de Tola en la caracterización económica del 2009 se encuentra que, aunque desde hace algunos

años se han ido agregando actividades de otros sectores de la economía, unas de las principales actividades económicas continúan siendo la agricultura y la ganadería de subsistencia, se logra cubrir el autoconsumo, debido a la baja comercialización local o regional.

Habiendo 54 km de costas, se desarrolla también la actividad pesquera artesanal, al igual que la agricultura y la ganadería representa un medio de subsistencia, aunque en este caso se logra comercializar mayor cantidad del producto obtenido.

- **Sector Secundario**

El municipio, según datos municipales, tiene procesadores – productores de sal, llegando a representar el 10 por ciento de la producción nacional. Esta es quizás el mayor espacio de procesamiento de un producto. Se afirma que el municipio no posee industria de ningún tipo, debido a la carencia de inversión y de actividades productivas remuneradas, por lo que la mayoría de la población desempleada se dedica a la actividad comercial.

Entre las pequeñas industrias existentes se encuentran 6 Salineras, 11 destazadores, 25 Motosierras, 1 Taller de ebanistería y 5 Molinos. Esto se afirma en el Plan de Respuesta Municipal con Enfoque de Gestión del Riesgo Municipio de Tola, Departamento de Rivas 2014.

- **Sector Terciario**

Como se ha mencionado anteriormente, teniendo 54 km de costa, se aprovecha tanto la pesca de diferentes rubros, la producción de sal, pero también está aumentando en este municipio, el turismo, hasta el año 2013 se contabilizaban 20 proyectos relacionados con el turismo de playa, se puede observar también otros pequeños establecimientos relacionados con esta actividad. Entre los sitios turísticos se enumeran las playas del Astillero, Brito, Guasacate y Gigante, entre otras.

Estos 20 proyectos de centros turísticos de playa, se clasifican entre los más importantes de la zona del Pacífico del país.

Debe mencionarse que de futuro, el turismo es uno de los rubros económicos que se perfilan para desarrollarse, no solo en este municipio sino en varios municipios del entorno. Estos municipios estarán interconectados por la “Ruta turística del litoral sur” que no es más que la carretera costanera. Este tramo intermedio será parte de esa red como infraestructura básica para garantizar el ingreso de los turistas y de la mejora del desarrollo económico de la zona.

Tabla No.13. Distribución de los Empleos en el Municipio de Tola			
Sector	Nº de Empleos	Hombres	Mujeres
Primario	5,088	4,810	278
Secundario	1,972	1,722	250
Terciario	1,521	460	1,061
Total	8,581	6,992	1,589
Fuente: Tomado de Caracterización económica/Alcaldía de Tola, Rivas. 2009.			

b) Población en Edad de Trabajar

La Población en Edad de Trabajar (PET) de este municipio son un total de 10,976 personas, lo que representa el 47.8% de la población total. Los hombres en edad de trabajar son 5,951, que del total de varones llegan al 50,8%. En cuanto a las mujeres el 44,7% de la población femenina está en edad de trabajar.

Hay una relación de dependencia del 109,1, lo que significa que por cada 100 persona en edad de trabajar, hay 109,1 personas en edad dependiente.

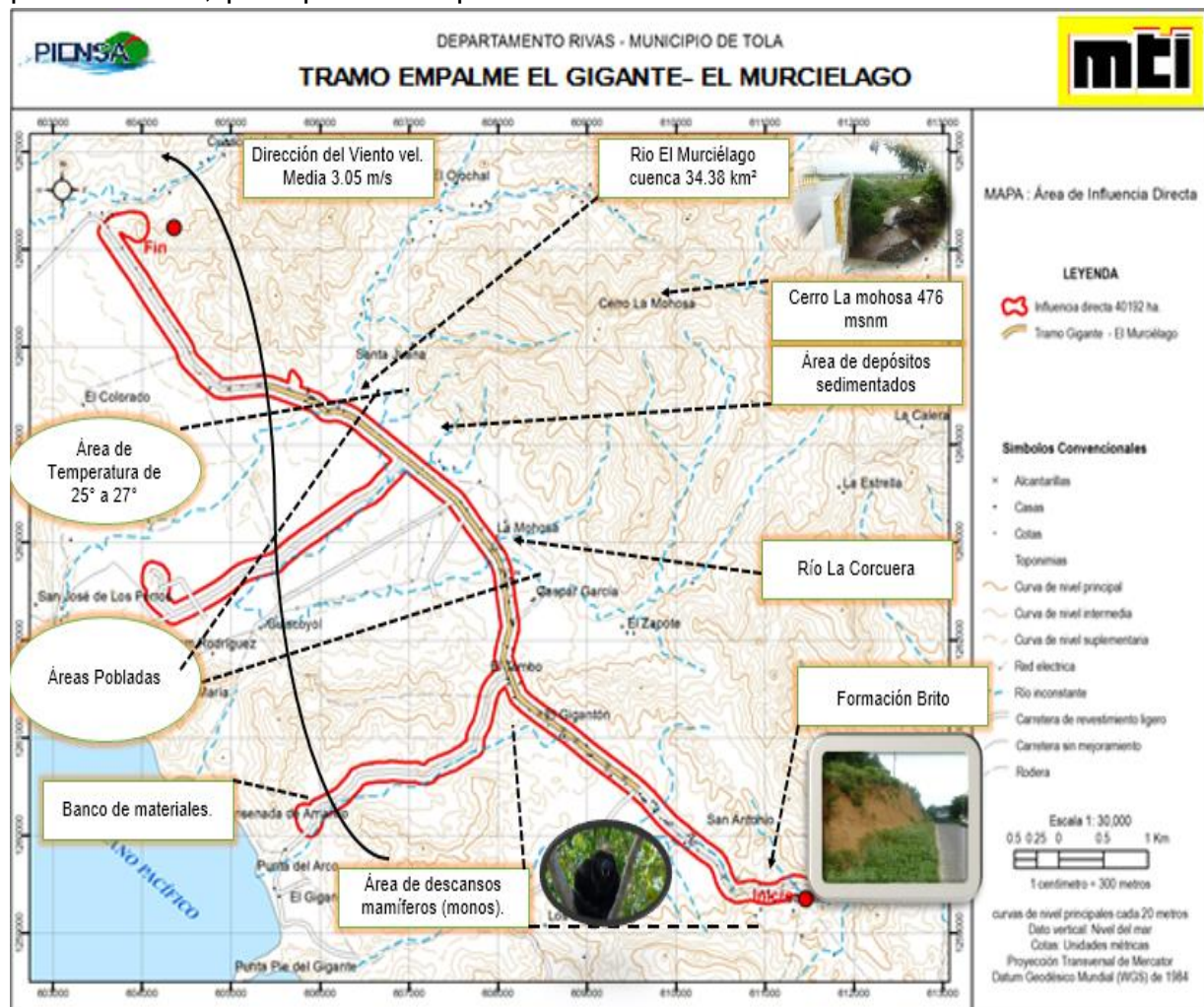
Tabla No.14 Población por Sexo en Edad de Trabajar			
Sector	Nº de Empleos	Hombres	Mujeres
Población Total	22,954	11,706	11,248
PET	10,976	5,951	5,025
% de la PET	47,8	50,8	44,7
Fuente: Tomado de Caracterización económica/Alcaldía de Tola, Rivas. 2005.			

3.5. Mapa Síntesis de Caracterización Ambiental del Área de Influencia

Luego de haber descrito la línea base Ambiental de proyecto se procedió a realizar un Mapa Síntesis de los diferentes medios que existen en el área de influencia del mismo. De acuerdo a la información se logra apreciar dónde se encuentran las diferentes formaciones geomorfológicas, dónde se concentra la fauna, las áreas pobladas, los principales ríos, la dirección del viento, la flora y los bancos de materiales.

3.6. Síntesis del Capítulo

En este capítulo se abordó la línea base ambiental del tramo, para esto obtuvimos información actualizada de algunos componentes a través de las instituciones correspondiente, como es el caso de temperaturas, vientos, flora y fauna y datos poblacionales, para poder comprender la transformación del área de influencia del



Mapa No. 9 Síntesis de Línea Base Ambiental.
Fuente: Elaboración propia

tramo, y si ha generado modificaciones del uso del suelo, aumento de la población, fuentes hídricas, y con estos datos obtenidos poder comprender si hay nuevas zonas vulnerables en el área de influencia del proyecto, y si la población ha mejorado su calidad de vida y ser capaz de adaptarse ante amenazas producto del cambio climático debido a que al existir más población en zonas de inundación o deslizamiento se necesitan hacer obras de mitigación, y proteger las estructuras de drenaje y pavimento y tener transitabilidad en cualquier época del año.

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DEL RIESGO EN LA FASE DE OPERACIÓN DEL PROYECTO

A partir de la caracterización ambiental realizada en el capítulo anterior, se procedió a elaborar el análisis del riesgo local, en función de los componentes que existen en el área de influencia del proyecto.

Para la realización de análisis de riesgo del tramo en estudio se ha considerado la metodología propuesta en la ***Guía Actualizada de Evaluación Económica de la Inclusión de la Variable Riesgo de Desastres en la Inversión Pública y su Aplicación en Proyectos de Desarrollo en Panamá, Honduras y Nicaragua***, publicada por el Centro de Coordinación para la prevención de los desastres Naturales en América Central (CEPRENAC)⁹. También se definió los puntos críticos existentes en el tramo vial.

4.1. Metodologías utilizadas para la Evaluación del Riesgo

El proceso metodológico para la identificación y evaluación del riesgo implicó la realización de dos tipos de análisis:

- i) La evaluación del emplazamiento, que en esencia está relacionada directamente con la ***identificación y valoración de las amenazas o peligros latentes sobre el territorio local*** (e.g. geológicos, hidrológicos, sísmicos, etc.) y,
- ii) La evaluación de la vulnerabilidad del proyecto, que se relaciona con los niveles de predisposición al daño de los componentes locales del territorio y de la infraestructura vial existente.

Para ambos tipos de análisis se utilizó la metodología sugerida en el documento ***“Fortalecimiento de capacidades para la reducción de riesgos en los procesos de desarrollo”***. El instrumento a utilizar se compone de varios histogramas que describen y evalúan seis componentes y veintinueve variables a utilizar, según sea el tipo de proyecto a evaluar.

4.2. Evaluación del Emplazamiento

La evaluación del emplazamiento se lleva a cabo en el contexto del proyecto de inversión que ya existe. Para poder evaluar el contexto de emplazamiento del proyecto se precisa contar con información de las zonas de amenaza que existen en la zona de

⁹Extraído de Internet de:

http://www.cepredenac.org/application/files/2714/7760/2503/Guia_actualizada_de_evaluacion_economica_de_la_inclusion_de_la_variable_riesgo_de_desastres.pdf

estudio o información de áreas con susceptibilidad de afectación a fenómenos, tales como inundaciones, deslizamientos y otras amenazas de orden natural. Es importante contar con la cartografía básica, con información de la cuenca donde se va a realizar la inversión, información de zonas ambientalmente frágiles existentes (zonas protegidas, cuerpos de agua, humedales, etc.) y también, si es posible, tener a disposición el mapa geológico de la zona.

4.2.1. Análisis de Amenazas preponderantes relacionadas con el Cambio Climático

a) Amenaza por Deslizamiento

Los deslizamientos de tierra o inestabilidad de laderas es uno de los problemas más frecuentes en la época de lluvia y representan riesgos para las localidades que están a orillas de cerros o en la cuenca de los ríos. La localización de viviendas rurales dispersas, incrementa la eventualidad de que pequeños grupos de población se encuentren en situación de inseguridad.

b) Amenaza por Inundación

Actualmente las áreas de inundación son grandes, estas son provocadas principalmente por el alto grado de deforestación que se ha venido dando, la lluvia se precipita directamente al suelo desnudo provocando mini explosiones sobre el suelo por la fuerza cinética de las gotas de lluvia, esto conlleva en primer lugar a la erosión laminar y las corrientes al transportar sólidos en suspensión sirven de fuerza abrasiva en el suelo desprendido aún más material que luego es depositado en las partes bajas, aterrando los suelos fértiles y exponiendo la roca en la parte superior de los cerros.

El ecosistema con la pérdida de suelo no se puede sostener ni regenerar por lo que la tendencia de estas laderas es a la descertificación. Las estructuras construidas en la parte baja tienen que estar preparadas para eventos fuertes y de mayores magnitudes según la tendencia a causa principalmente al cambio climático, que se espera genere esporádicas pero más fuertes lluvias.

El punto de partida para el análisis de riesgo de este proyecto fue el reconocimiento en trabajo de gabinete de la fotografía aérea y la base topográfica local. El trabajo sobre un SIG (Sistema de Información Geográfica), permite obtener de manera clara cuáles son los puntos de mayor interés frente a las posibilidades de afectación en el trazado y en el diseño, tanto planimétrico como altimétrico. En el estudio del terreno todos los componentes que se tomen en cuenta son de importancia, más allá de la pura distribución altimétrica. La manera como se diseñe puede tener relación con el desencadenamiento de eventos que afecten al proyecto y su entorno.

La identificación y análisis de riesgos asociados al proyecto de inversión se realizó considerando no sólo el área donde se emplazará dicho proyecto, sino también tomando en cuenta dentro del análisis, su entorno físico y ambiental. Existen factores de peligro que aunque no estén directamente relacionados con el área del proyecto, pueden en términos de tiempo evolucionar y generar a futuro impactos directos sobre la inversión; estos casos son frecuentes en proyectos de infraestructura vial frente a fenómenos, tales como inundaciones y deslizamientos. Ver tabla No.15.

Tabla No.15. Amenazas Probables en el Proyecto

Tabla de Amenazas Probables para el Proyecto Empalme El Gigante-El murciélago 6.45 km							
Ubicación: Tola-Rivas							
Amenazas probables	Ciclo o recurrencia (años/meses)	Probabilidad de afectación de acuerdo a la recurrencia			Tipo de afectación		Zonas probables de afectación en relación al proyecto
		Alta	Media	Baja	Total	Parcial	
Amenaza Sísmica	29 de julio 2017(23:56:29)	X				X	Esta bajo la influencia de placas tectónicas de la franja del pacifico.
Amenaza Volcánica	0			X		X	No presenta volcanes cercanos
Amenaza por Deslizamiento	1 año		X			X	Emp. El Gigante - El Tambo
Amenaza por Huracanes	24 años		X			X	se tiene registro el ciclón más cercano fue la Tormenta Tropical Bret (1993),pasando su ojo a 2,6 km al Norte del final del proyecto
Amenaza por Inundación	6 meses	X			X		La Mohosa, Gaspar García y Santa Juana (quebrada El Murciélago)

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Componentes y variables del histograma de evaluación de emplazamiento

La evaluación del emplazamiento de sitios inicia con el llenado de histogramas, los que están compuestos por componentes y, éstos a su vez, contienen un conjunto de variables, que se valoran en una escala de uno a tres por cada variable, contando con información acerca de las características físico naturales del área de influencia donde se emplazará el proyecto. La identificación y descripción de los componentes y sus variables se presenta en el cuadro a continuación.

Cuadro No.2: Componentes y Variables del Histograma de Evaluación de Emplazamiento de Sitios	
Componentes	Variables
1. Bioclimático	1. Confort Hidrotérmico
	2. Viento
	3. Precipitación
	4. Ruidos
	5. Calidad del aire
2. Geología	6. Sismicidad
	7. Erosión
	8. Deslizamientos
	9. Vulcanismo
	10. Rangos de pendientes
	11. Calidad del suelo
3. Ecosistema	12. Suelos agrícolas
	13. Hidrología superficial
	14. Hidrología subterránea
	15. Lagos
	16. Áreas ambientalmente frágiles
	17. Sedimentación
4. Medio Construido	18. Uso del suelo
	19. Accesibilidad
	20. Acceso a los servicios
	21. Áreas comunales
5. Interacción (contaminación)	22. Desechos sólidos y líquidos
	23. Industrias contaminantes
	24. Líneas eléctricas de alta tensión
	25. Peligro de explosión e incendios
	26. Desechos sólidos
6. Institucional y Social	27. Conflictos territoriales
	28. Seguridad ciudadana
	29. Marco Jurídico

Fuente: Proyecto PNUD GUA 04/021-39751. Mendoza, Francisco. Fortalecimiento de capacidades para la reducción de riesgos en los procesos de desarrollo.

La evaluación de cada componente se hizo calificando todas las variables que lo integran, para lo cual se cuenta con la información de las características físicos naturales del territorio donde se emplazará el proyecto. Los valores a otorgar en la Escala **(E)** de 1 a 3 fueron seleccionados en las Tablas de Evaluación que se adjuntan. Ver tabla No.16.

Tabla No. 16 Componentes para la Evaluación de Emplazamiento

VARIABLES	DESCRIPCION CUALITATIVA	EVALUACION		
		1	2	3
CONFORT HIGROTÉRMICO	La forma del terreno donde se ubicará el proyecto tiene algunas limitaciones para lograr una adecuada orientación del proyecto, pero se pueden incorporar medidas de diseño o de mitigación que compensan el efecto negativo.		X	
REGIMEN DE VIENTO	En el territorio objeto de estudio prevalecen durante el año vientos con velocidades medias inferiores a 5.5 m/seg. Se pueden presentar calmas hasta en un 20 % del año. O se presentan eventos climáticos acompañados de fuertes vientos que pueden causar daños con baja frecuencia (uno en 100 o más años)			X
PRECIPITACION	En el territorio se presenta un régimen seco o de precipitaciones normales y las afectaciones que se pudieran originar debido a las precipitaciones son ocasionales. O se presentan eventos climáticos acompañados de fuertes precipitaciones que pueden causar daños con baja frecuencia (uno en 100 o más años) O para proyectos agrícolas en el territorio se presenta un régimen seco o de precipitaciones normales. El clima predominante se puede evaluar dentro de la media de la zona geográfica donde se emplaza el proyecto.			X
RUIDOS	Se registra en el sitio niveles de ruido insignificantes (con niveles inferiores a los 40 dBA). Se corresponde con un medio tranquilo. O el sitio se corresponde con un medio tranquilo y el proyecto que se pretende ubicar no genera impactos por ruidos.			X
CALIDAD DEL AIRE	El sitio se ubica dentro de un territorio poco o no afectado por la contaminación del aire, buena capacidad dispersante de la atmósfera, escasa circulación vehicular a distancias mayores de 60 metros de vías intensamente circuladas, pueden presentarse emanaciones de polvo u otras sustancias ocasionalmente. O el proyecto que se pretende ubicar no causa importante contaminación del aire o malos olores.			X
SISMICIDAD	El sitio se ubica: <ul style="list-style-type: none"> A menos de 50 metros de una falla sísmica comprobada, dudosa o dentro de la longitud probable de ésta. y/o a distancias de edificaciones, bancos de transformadores, torres o tanques elevados mayores 1/3 de su altura o diferencias altitudinales de depósitos aluviales, Coluviales o capas potentes de suelos mayores de 2.00 metros en zonas de mediana sismicidad y ocurren sismos de poca frecuente. y/o geomorfología poco compleja (regular), con suelos aluviales, Coluviales o capas potentes en zonas de mediana sismicidad y ocurren sismos de poca frecuente O la zona es de mediana peligrosidad sísmica y el proyecto es poco vulnerable. 		X	
EROSION	En el territorio donde se ubica el sitio se observan síntomas de un moderado proceso de erosión con predominio de la cubierta vegetal en la mayor parte del área (entre el 30 y el 60%). Pueden presentarse pequeñas cárcavas entre 0.25 y 0.50 metros de profundidad. Escasas líneas de drenaje. El proceso de recuperación del suelo no es muy costoso. O se tiene la certeza que por las prácticas de uso del suelo que contempla el tipo de proyecto, este puede generar algún tipo de proceso de erosión o compactación del suelo, pero se pueden mitigar o corregir con adecuadas prácticas de uso.		X	
FORMACION GEOLOGICA	El sitio se ubica sobre una formación geológica formada por depósitos y en zonas bajas o de descarga de acuíferos. Hay buena disponibilidad de agua			X
USOS DE SUELO	No se manifiestan contradicciones entre el uso actual del suelo y el uso potencial los que se suponen tengan una alta vocación para el uso que propone el proyecto. O el suelo tiene óptima calidad agrológica O existen contradicciones porque el territorio presenta una alta vocación para el uso que propone el proyecto, mientras que el uso actual ha generado daños que el proyecto pretende corregir. O el proyecto que se propone no estimula o consolida procesos de avance de la frontera agrícola o la deforestación.			X
DESLIZAMIENTOS	En el territorio donde se ubica el proyecto puede existir el riesgo de deslizamientos pero no se prevén afectaciones al sitio debido a: <ul style="list-style-type: none"> La posición del sitio respecto a la pendiente o altitud Rocas poco alteradas o fracturadas El sitio se encuentra alejado de cauces o quebradas, pero se encuentran relativamente cerca de bordes de taludes o depósitos de materiales por deslizamientos La pérdida de la cubierta vegetal no es significativa Las pendientes son menores del 30% O en el sitio existen ligeros riesgos de deslizamientos, pero no hay población a proteger, si se tratara de proyectos de defensa contra los deslizamientos.		X	

VARIABLES	DESCRIPCION CUALITATIVA	EVALUACION		
		1	2	3
VULCANISMO	No existen volcanes activos donde se emplaza el proyecto o la distancia entre los volcanes con actividad y el proyecto es tal que no existe posibilidad de que el proyecto sufra las consecuencias de la actividad volcánica O existe alto riesgo de la actividad volcánica para proyectos cuyo objetivo es la defensa contra el vulcanismo			X
RANGOS DE PENDIENTES	Los rangos de pendiente son óptimos entre el 1 y el 6 %. El rango de pendiente, es óptimo según el proyecto que se analiza			X
CALIDAD DEL SUELO	El suelo donde se ubica el proyecto tiene mediana capacidad para soportar carga (entre 1.1 y 1.5 kg/cm2). Se pueden realizar fundaciones, aunque resultan medidamente costosas. O el proyecto se ubica sobre roca sólida y requiere voladuras para las fundaciones y/o presencia del manto freático por debajo del nivel de fundación, pero a menos de 5.00 metros. No hay presencia de arcillas plásticas o expansivas Si el proyecto no requiere estudio de suelo se observan buenas cualidades para la construcción		X	
SUELOS AGRICOLAS	Aunque en el territorio donde se ubica el sitio se utilizan prácticas agrícolas basadas en la quema o la fumigación de aerosoles de plaguicidas, sin embargo las afectaciones al sitio se pueden considerar aisladas o pocos significativas.		X	
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	El sitio se ubica en zonas elevadas o alejadas como mínimo a 30 metros de la cota de inundación, o se encuentran ubicados en la segunda terraza de inundación. Si existen ríos, la elevación del sitio es más de dos veces la profundidad del lecho del río y/o se encuentran ubicados en la segunda terraza de inundación. El nivel freático es moderadamente profundo Suelos arenoso – arcillosos Las pendientes oscilan entre el 2 y el 4% O con rangos de pendientes entre el 1 y el 2% que ante grandes lluvias pudiera tener dificultad de drenaje y excepcionalmente alcanzar el sitio sin causar daños El peligro de inundación pudiera ser excepcional SI SE TRATA DE PROYECTOS DE AGUA CONSIDERAR LO SIGUIENTE: La fuente de captación se realiza suficientemente alejada de vertidos contaminados y la calidad del agua es aceptable para consumo humano		X	
HIDROGEOLOGIA	En el sitio donde se ubica el proyecto no se localizan o se localizan zonas de importantes reservas de agua subterránea de buena calidad, pudiendo presentar las siguientes situaciones: (Verificar mediante pozos ubicados en la zona) <ul style="list-style-type: none"> • Profundidad del manto freático entre 15 y 30 metros • Con suelos arcillosos y/o rocosos • Con rangos de pendiente menores del 16 al 18% • Presencia de alguna o ninguna fuentes de contaminación de las aguas subterráneas en la zona O existen estudios de vulnerabilidad del acuífero en la zona que permitan considerar que la ubicación de proyectos de infraestructuras no afectarán de forma irreversible las fuentes de agua subterráneas que abastecen a comunidades o puedan deteriorar significativamente la calidad del agua. En el caso de proyectos agrícolas no se utilizan sustancias químicas SI SE TRATA DE PROYECTOS DE AGUA CONSIDERAR LO SIGUIENTE: En el sitio o a distancias próximas se localizan fuentes de aguas subterráneas a profundidades entre 100 y 60 metros para pozos perforados O el sitio se ubica a distancias entre 300 m y 500m de un pozo perforado cuya profundidad es mayor de 60 metros Si el proyecto es de pozo excavado a mano y la presencia del agua no ha sido detectada a 14 metros o ya existe un pozo excavado a mano a una distancia de 60 m. Si el proyecto es de letrina o pozo de absorción y la profundidad del agua subterránea se encuentra entre 4 y 5 metros y/o según el resultado de muestreos de la calidad del agua en lugares próximos al sitio o según el mapa hidroquímico evidencian deficiencias en la calidad de las aguas que pueden solucionarse con tratamientos para el consumo humano.		X	
MAR Y LAGOS	El sitio se ubica a distancias mayores de 2 km del mar y/o a alturas mayores de 3.00 metros con respecto a la cota de rebalse de lagos y embalses en general O las fuentes de agua para proyectos muelles o infraestructuras portuarias están a menos de 500 metros del sitio O el proyecto de agua no tiene riesgo debido a la intrusión salina O cualquier tipo de proyecto realiza sus vertidos de efluentes con un tratamiento previo a estos cuerpos receptores.			X
AREAS PROTEGIDAS O DE ALTA SENSIBILIDAD AMBIENTAL	El sitio se ubica fuera del área de amortiguamiento de zonas ambientalmente frágiles o a grandes distancias de zonas de interés patrimonial.			X
CALADO Y FONDO	El sitio es adecuado para la infraestructura portuaria, aunque requiere ciertas medidas de mitigación o corrección.		X	
SEDIMENTACION	En el sitio donde se ubica el proyecto puede ocasionalmente existir acumulación de depósitos en cuantías insignificantes debido a la ausencia de erosión y/o buena estabilidad del suelo y la acumulación no llegaría a modificar la topografía.		X	

VARIABLES	DESCRIPCION CUALITATIVA	EVALUACION		
		1	2	3
ACCESIBILIDAD	No existe dificultad para acceder al sitio del proyecto en cualquier época del año			X
ACCESO A LOS SERVICIOS	Existen al menos agua, alcantarillado y electricidad de los servicios básicos anteriormente citados y es posible conectarse a ellos.			X
FUENTES DE CONTAMINACION	Si el sitio se ubica a igual o superior distancia de retiro establecida en el cuadro de Radios y Usos con respecto a fuentes generadoras de contaminación. O no hay fuentes de contaminación			X
DESECHOS SÓLIDOS	El sitio se ubica a distancias mayores de 1000 metros en la dirección de sotavento y existen masas de árboles que filtran el aire de vertederos de desechos sólidos a cielo abierto o desechos líquidos a cielo abierto. O se ubica a barlovento			X
LINEAS ALTA TENSION	El sitio se ubica a distancias mayores de 50 metros de líneas de transmisión de electricidad de alta tensión O más de 8 metros de una antena con altura igual o mayor de 40 metros O a más de 10 metros de bancos de transformadores eléctricos situados sobre el nivel de terreno			X
PELIGRO DE INCENDIOS	El sitio se ubica por encima de todas las distancias anteriores			X
CONFLICTOS TERRITORIALES	No existen conflictos ni litigios territoriales en la zona donde se ubica el proyecto			X
MARCO LEGAL	En el sitio donde se ubica el proyecto no existe ningún tipo de conflicto legal			X
SEGURIDAD CIUDADANA	Existen buenas alternativas de seguridad próximas al sitio dado por la calidad social del entorno y por la posición del sitio.			X

Las tablas han sido elaboradas considerando tres rangos de situaciones que se pueden presentar en cada variable y su significado es el siguiente:

- **Los valores de 1** en la Escala (E) representan las situaciones **más peligrosas** o ambientalmente no compatibles con el tipo de proyecto que se evalúa.
- **Los valores de 2** en la Escala (E) representan situaciones de peligro intermedio o Ambientalmente aceptables, con limitaciones con el tipo de proyecto que se evalúa.
- **Los valores de 3** en la Escala (E) representan situaciones **libres** de todo tipo de **peligro** y compatibles ambientalmente.

En la columna E x P x F, se multiplican los tres valores, o sea la escala o evaluación, Escala (E) por el peso importancia (P) y por la frecuencia (F).

Mientras que en la columna P x F se multiplican sólo los valores del Peso o importancia (P) por la Frecuencia (F).

Posteriormente se suman los valores totales de la columna ExPxP y los valores de la columna PxP. Finalmente se divide la suma total de la columna ExPxP entre la suma total de la columna PxP y se obtiene el valor del componente. El significado de los valores registrados por cada componente se explica en el próximo tópico.

4.2.3. Significado de las evaluaciones del histograma

Finalmente la evaluación del sitio vino dada por un promedio de los valores registrados por todos los componentes. El procedimiento fue el siguiente: Se sumó el valor registrado por todos los componentes y se dividió entre el número total de componentes.

Los valores oscilarán entre 1 y 3 teniendo el siguiente significado:

- Valores entre 1 y 1.5 significa que el sitio donde se propone emplazar el proyecto es muy Vulnerable, con alto componente de peligrosidad frente a desastres y/o con un severo Deterioro de la calidad ambiental pudiendo dar lugar a la pérdida de la inversión o lesionar la salud de las personas. Por lo que se recomienda **no elegible el sitio para el desarrollo de inversiones** y recomienda la selección de otro lugar.
- Valores entre 1.6 y 2.0 significa que el sitio donde se propone emplazar el proyecto es Susceptible de afectación ya que tiene algunos riesgos a desastres y/o existen limitaciones Ambientales que pueden eventualmente lesionar la salud de las personas que habitan el sitio. Por lo que se sugiere la búsqueda de una mejor alternativa de localización y en caso de no presentarse otra alternativa deberá estudiarse de forma detallada la elegibilidad del sitio para el desarrollo del proyecto.
- Valores entre 2.1 y 2.5 significa que el sitio es poco vulnerable, con muy bajo componente de riesgo a desastres y/o bajo deterioro de la calidad ambiental a pesar de limitaciones aisladas. La instancia de evaluación considera esta alternativa de sitio elegible siempre y cuando no se obtengan calificaciones de $E = 1$ en algunos de los siguientes aspectos:
 - Sismicidad
 - Deslizamientos
 - Inundación (hidrología superficial)
 - Vulcanismo
 - Lagos
 - Fuentes de contaminación
 - Marco Jurídico

Valores superiores a 2.6 significa que el sitio no es vulnerable, exento de riesgo y/o buena calidad ambiental para el emplazamiento del proyecto, por lo que la instancia de evaluación considera este sitio elegible para el desarrollo del proyecto.

4.2.4. Aplicación del Histograma de Emplazamiento.

Después de haber explicado la línea base ambiental y metodología para evaluar el emplazamiento con las amenazas en el área de influencia del proyecto, se procedió a valorar cada subcomponente y con esto identificar las debilidades que presenta el tramo.

Cuadro No. 3 Histograma de Emplazamiento										
EVALUACIÓN DE EMPLAZAMIENTO										
PROYECTO: "Empalme El Gigante-El Murciélagu"										
Tipo de Proyecto: Construcción de 6.45 kms de carretera adoquinada										
COMPONENTE BIOCLIMÁTICO										
E	CONFORT HIGROTÉRMICO	VIENTO	PRECIPITACIÓN	RUIDOS	CALIDAD DEL AIRE		P	F	ExPxP	PxF
1							3	0	0	0
2	X						2	1	4	2
3		X	X	X	X		1	4	12	4
VALOR TOTAL $=(ExPxP)/(PxF)=2.66$									16	6
COMPONENTE GEOLOGÍA										
E	SISMICIDAD	EROSIÓN	DESLIZAMIENTOS	VULCANISMO	RANGO DE PENDIENTES	CALIDAD DEL SUELO	P	F	ExPxP	PxF
1							3	0	0	0
2	X	X	X			X	4	3	24	8
3				X	X		1	2	6	2
VALOR TOTAL $=(ExPxP)/(PxF)=3.00$									30	10
COMPONENTE ECOSISTEMA										
E	SUELOS AGRICOLAS	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA	LAGOS	AREAS FRÁGILES	SEDIMENTACIÓN	P	F	ExPxP	PxF
1							3	0	0	0
2	X	X	X			X	2	4	16	8
3				X	X		1	2	6	2
VALOR TOTAL $=(ExPxP)/(PxF)=2.20$									22	10
COMPONENTE MEDIO CONSTRUIDO										
E	USO DEL SUELO	ACCESIBILIDAD	ACCESO A LOS SERVICIOS (ESTE COMPONENTE NO APLICA EN ZONAS RURALES)	AREAS COMUNALES			P	F	ExPxP	PxF
1				X			3	1	3	3
2	X						2	1	4	2
3		X	X				1	2	6	2
VALOR TOTAL $=(ExPxP)/(PxF)= 1.86$									13	7
COMPONENTE DE INTERACCIÓN (CONTAMINACIÓN)										
E	DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	INDUSTRIAS CONTAMINANTES LAS DISTANCIAS ESTAN DADAS EN LA MISMA DIRECCIÓN DEL VIENTO	LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN	PELIGRO EXPL. E INCENDIOS	SERVICIOS DE RECOLECCIÓN		P	F	ExPxP	PxF
1					X		3	1	3	3
2							2	0	0	0
3	X	X	X	X			1	4	12	4
VALOR TOTAL $=(ExPxP)/(PxF)= 2.14$									15	7
COMPONENTE INSTITUCIONAL Y SOCIAL										
E	CONFLICTOS TERRITORIALES	SEGURIDAD CIUDADANA	MARCO LEGAL				P	F	ExPxP	PxF
1							3	0	0	0
2							2	0	0	0
3	X	X	X				1	3	9	3
VALOR TOTAL $=(ExPxP)/(PxF)= 3.00$									9	3
Fuente: Elaboración propia										

4.2.5. Resumen de la Evaluación de Emplazamiento

Luego de obtener el cálculo promedio de cada subcomponente obtenido de la evaluación de emplazamiento se procede a obtener el promedio de los componentes. Se puede observar que el puntaje de medio construido es bajo quiere decir que en este componente el tramo tiene ciertas debilidades pero que pueden ser cambiadas de acuerdo al mismo desarrollo de la zona.

Cuadro No.4 Resumen de evaluación de Emplazamiento	
RESUMEN DE LA EVALUACIÓN	Evaluación
COMPONENTE BIOCLIMÁTICO	2.66
COMPONENTE GEOLOGIA	3.00
COMPONENTE ECOSISTEMA	2.20
COMPONENTE MEDIO CONSTRUIDO	1.86
COMPONENTE DE INTERACCIÓN (CONTAMINACIÓN)	2.14
COMPONENTE INSTITUCIONAL SOCIAL	3.00
PROMEDIO	2.48
Fuente: Elaboración propia	

El resultado promedio dio un valor de 2.48 el cual significa que el sitio donde se emplazó el proyecto tiene una *amenaza de bajo nivel*, o tiene puntos críticos específicos a lo largo de su trayectoria. Esto se puede definir ya que tenemos el resultado por cada componente del histograma de emplazamiento.

4.3. Evaluación de la Vulnerabilidad del Proyecto

4.3.1. Componentes y variables del histograma de evaluación de la Vulnerabilidad

La evaluación de vulnerabilidad implicó la utilización de un histograma que contiene tres componentes principales y diecisiete variables. Los componentes son: i) Materiales de construcción, ii) Diseño y, iii) Tecnología de construcción. Cada uno está compuesto por variables que a su vez disponen de criterios generales para su consideración y valoración. A continuación se muestra el contenido de los componentes y variables. Ver Anexos 1 Tabla No. 16.

Cuadro No.5 : Componentes y Variables del Histograma de Evaluación de la Vulnerabilidad		
Componentes	Variables	Criterios
1. Materiales de Construcción	1. Disponibilidad de materiales	Se valora la disponibilidad (cantidad y cercanía) de la materia prima necesaria para el proyecto de edificación de viviendas
	2. Renovabilidad de fuentes	Se considera el aspecto de Renovabilidad de las materias primas que se utilizan en el proyecto que no son renovables.
	3. Agresividad del proceso	Se valora si los principales materiales de construcción del proyecto son agresivos al medio,

Cuadro No.5 : Componentes y Variables del Histograma de Evaluación de la Vulnerabilidad		
Componentes	Variables	Criterios
		debido a que en su fabricación se utilizan tóxicos, emisiones de agua contaminadas, polvo, ruidos, o cualquier otra sustancia que sea nociva a la salud humana
	4. Calidad y durabilidad del material	Se examina la calidad de los materiales principales utilizados en el proyecto, relacionándola con la durabilidad de la vida útil del proyecto
	5. Protección ambiental	Se analiza la correspondencia entre los materiales propuestos en el proyecto y su adecuación al tipo de clima de la región, a partir de en variables como la temperatura, pluviosidad, humedad o el ruido.
	6. Facilidad de sustitución o reparación	Se consideran las facilidades o dificultades de sustitución de los materiales originales propuestos, con recursos locales, de manera que se propicien o no las reparaciones y/o mantenimientos.
2. Diseño	7. Cultura local	Se estudia la correspondencia entre las tipologías constructivas y la cultura local.
	8. Estabilidad	Se valora si el diseño cumple con los parámetros de resistencia y estabilidad, según las características del suelo y el historial sísmico.
	9. Funcionabilidad	Se considera si la solución de proyecto no posee deficiencias funcionales, entre ellas falta de drenaje menor y mayor; o si cuenta con obras complementarias para adaptarse al cambio climático.
	10. Confort operacional	Se analiza si la solución de proyecto contempla un adecuado trazo geométrico e iluminación natural, que facilite la transitabilidad de la vía y si además contempla una adecuada protección contra la intemperie.
	11. Eliminación desechos	Se estudia si la solución del proyecto contempla un sistema de tratamiento de los desechos líquidos y sólidos, y, en el caso de proponerse, se evalúa si la opción es idónea.
	12. Adaptación/territorio	Se analiza si la solución del proyecto se adapta a las condiciones geomorfológicas del suelo-previniendo los grandes movimientos de tierras, dificultades de acceso al sitio o con los corredores de redes técnica-o si origina ruptura con el paisaje local
3. Tecnología de Construcción	13. Fuerza de Trabajo	Se valora el tipo de fuerza de trabajo involucrada en el proyecto: especializada o no especializada proveniente de localidades aledañas.
	14. Equipamiento	Se considera la disponibilidad (cantidad y distancia) de equipos de construcción que se requieren en el sitio de construcción.
	15. Generación/Disposición desechos	Se estudia la cantidad de desechos sólidos generados por la tecnología constructiva, o si ésta requiere el uso y manipulación de sustancias contaminantes

Cuadro No.5 : Componentes y Variables del Histograma de Evaluación de la Vulnerabilidad		
Componentes	Variables	Criterios
	16. Control Ejecución	Se aprecia si la tecnología constructiva requiere supervisión y control permanente, según sus niveles de complejidad o si se requiere capacitación especial de la fuerza de trabajo
	17. Externalidades	Se analizan los aspectos no asociados directamente al proyecto pero que lo benefician o afectan

Fuente: Proyecto PNUD GUA 04/021-39751. Mendoza, Francisco. Fortalecimiento de capacidades para la reducción de riesgos en los procesos de desarrollo.

4.3.2. Histograma de Vulnerabilidad

En la elaboración del histograma de vulnerabilidad, se ha hecho una modificación en la interpretación del factor de ponderación en los subcomponentes de **Funcionalidad** y **Confort Ambiental** pertenecientes al componente de Diseño, ya que estos actualmente están orientados a la evaluación de construcciones verticales y no de proyectos viales. Ver Tabla No. 17.

Tabla No.17 Componentes de la Vulnerabilidad en el Proyecto

Proyecto: Empalme El Gigante-El Murciélago 6.45 kms				
COMPONENTE DE VULNERABILIDAD: MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
SUBCOMPONENTE	FACTOR DE PONDERACIÓN	EVALUACIÓN		
		1	2	3
DISPONIBILIDAD DE MATERIALES	Entre el 30% y el 59% de las materias primas son abundantes o suficientes en un radio de hasta 10 km del sitio del proyecto.			
	O más del 60% de las materias primas del proyecto son escasas hasta 10 km, pero abundantes o suficientes un radio de 100 km del sitio del proyecto.		X	
RENOVABILIDAD DE LAS FUENTES	Más del 80% de las materias primas que se utilizan en el proyecto no son renovables.			
	O no se protegen las fuentes de extracción pudiendo agotarse	X		
	O se producen sobre consumo de recursos.			
AGRESIVIDAD DEL PROCESO	Los principales materiales de construcción del proyecto son agresivos al medio debido a que en su fabricación se utilizan tóxicos, emisiones de agua contaminadas, polvo, ruidos, o dañan la salud humana.			
	Se pueden considerar algunos materiales utilizados en el proyecto como muy tóxicos (asbesto, plomo, mercurio u otras sustancias similares).	X		
CALIDAD Y DURABILIDAD DEL MATERIAL	Los materiales principales utilizados en el proyecto tienen buena calidad y se prevé una durabilidad mayor de 10 a años.			X
PROTECCIÓN /PREVENCIÓN	Los materiales se adaptan a las condiciones climáticas locales.			X
FACILIDAD DE SUSTITUCIÓN O REPARACIÓN	Los materiales son de relativa complejidad, pero la tecnología admite la sustitución o reparación de partes componentes.			
	No se requiere mucha especialización.		X	
COMPONENTE DE VULNERABILIDAD: DISEÑO				
SUBCOMPONENTE	FACTOR DE PONDERACIÓN	EVALUACIÓN		
		1	2	3
CULTURA LOCAL	La tipología constructiva armoniza plenamente con la cultura y las tradiciones locales.			X
ESTABILIDAD	La solución de proyecto es monolítica, estable y se encuentra debidamente rigidizada.			X
FUNCIONABILIDAD	<i>Aunque la solución de proyecto tiene algunas deficiencias funcionales, no provocan situaciones de peligro pero debe presentarse obras de adaptación al cambio climático.</i>		X	
CONFORT AMBIENTAL	<i>La solución de proyecto tiene algunas deficiencias trazo geométrico e iluminación natural, pero no son limitantes para la transitabilidad.</i>		X	
			X	

Proyecto: Empalme El Gigante-El Murciélago 6.45 kms					
ELIMINACIÓN DE DESECHOS	El tratamiento de los desechos es parcial a través de letrina con el vertido de las aguas grises a los predios públicos.				
ADAPTACIÓN AL MEDIO	La solución se adapta parcialmente al medio, aunque se requieren movimientos de tierra, no son significativos. No hay grandes modificaciones al paisaje.		X		
COMPONENTE DE VULNERABILIDAD: TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN					
SUBCOMPONENTE	FACTOR DE PONDERACIÓN	EVALUACIÓN			
		1	2	3	
FUERZA DE TRABAJO	<49 % de la fuerza de trabajo para la construcción es de localidades aledañas. O se requiere mucha fuerza de trabajo especializada.	X			
EQUIPAMIENTO	Más del 60% de los equipos de construcción que se requieren no se encuentran	X			
	Disponibles en un radio de 10 km del sitio.				
	O se requiere mucho equipamiento para la construcción del proyecto.				
GENERACIÓN Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS	La tecnología constructiva genera desechos sólidos de los cuales algunos se pueden recuperar o tratar vertederos municipales previa autorización.		X		
CONTROL DE LA EJECUCIÓN	La tecnología constructiva requiere controles sistemáticos y/o alguna capacitación de la fuerza de trabajo.		X		
EXTERNALIDADES	Las características del diseño, procedimientos, empleo de materias primas, etc., requeridos por la tecnología que se haya importado, no provocan dependencia, ni generan prácticas medioambientales impactantes, ni causan trastornos ambientales negativos o los impactos son irrelevantes y existen suficientes estudios de soporte desde sus lugares de procedencia que garanticen la responsabilidad ambiental de dicha tecnología.				X

4.3.3. Cálculo de la Vulnerabilidad

Una vez identificado las amenazas se procede a evaluar la vulnerabilidad del proyecto, para proponer medidas de adaptación y mitigación al cambio climático en las zonas donde presenta debilidades el proyecto.

Cuadro No. 6 Histograma de Vulnerabilidad

Cuadro No. 6 Histograma de Evaluación de la Vulnerabilidad													
No	Componentes	Subcomponentes	ExPxP / PxP =						Σ	RANGOS			
			E	P	E	P	E	P		1.0-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0
			3	1	2	2	1	3		R	N	A	V
1	Materiales de Construcción.	Disponibilidad de materiales			X	X							
		Renovabilidad de fuentes	X	X									
		Agresividad del proceso			X	X							
		Calidad y durabilidad del material					X	X					
		Protección ambiental					X	X					
		Facilidad de sustitución o reparación			X	X							

Cuadro No. 6 Histograma de Evaluación de la Vulnerabilidad													
		FRECUENCIA (F)	1	3	2								
		ExPxP	3	12	6	21							
		PxF	1	6	6	13							
		VALOR TOTAL	1.62					1.62					
		ExPxP / PxF =											
No	Componentes	Subcomponentes	ExPxP / PxF =						Σ	RANGOS			
			E	P	E	P	E	P		1.0-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0
			3	1	2	2	1	3		R	N	A	V
2	Diseño	Cultura local					X	X					
		Estabilidad			X	X							
		Funcionabilidad			X	X							
		Confort operacional			X	X							
		Eliminación desechos			X	X							
		Adaptación/territorio			X	X							
		FRECUENCIA (F)	0		5		1						
		ExPxP	0		20		3	23					
		PxF	0		10		3	13					
		VALOR TOTAL	1.77					1.77					
		ExPxP / PxF =											
No	Componentes	Subcomponentes	ExPxP / PxF =						Σ	RANGOS			
			E	P	E	P	E	P		1.0-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0
			3	1	2	2	1	3		R	N	A	V
3	Tecnología de Construcción	Fuerza de Trabajo	X	X									
		Equipamiento	X	X									
		Generación/Disposición desechos			X	X							
		Control Ejecución			X	X							
		Externalidades					X	X					
		FRECUENCIA (F)	2		2		1						
		ExPxP	6		8		3	17					
		PxF	2		4		3	9					
		VALOR TOTAL	1.89					1.89					
ExPxP / PxF =													

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Resultados de la Vulnerabilidad.

A continuación se presentan los valores obtenidos en la evaluación de vulnerabilidad. Se logra observar que los valores están en riesgo medio y significa que el proyecto tiene ciertos puntos críticos del trazo de la carretera, y se debe elaborar un plan de mitigación del riesgo de acuerdo a las amenazas identificadas.

Cuadro No. 7 Resultados de Vulnerabilidad								
Evaluaciones Resultantes	Rangos				Resultado			
	1.0-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0	R	N	A	V
Materiales de construcción		1.62						

Diseño		1.77						
Tecnología de construcción		1.89						
Promedio		1.76					1.76	
Fuente: Elaboración propia								

4.4. Balance de Riesgo Promedio

Una vez obtenido los resultados de las evaluaciones de emplazamiento vulnerabilidad, se puede obtener el balance de riesgo promedio, el cual nos indica que el proyecto se encuentra en riesgo moderado, pero como se obtiene un valor de escala 1 en Renovabilidad de las fuentes, y para esto se deben tomar medidas ambientales para no dañar el medio ambiente.

Cuadro No.8 Balance de Riesgo									
1 No.	EVALUACIONES	ANALISIS				RESULTADOS			
		1.0-1.50	1.60-2.0	2.10-2.50	2.60-3.0	R	N	A	V
1	EVALUACION DE EMPLAZAMIENTO			2.48					
2	ANALISIS DE VULNERABILIDAD		1.76						
BALANCE DE RIESGO/PROMEDIO		2.12				2.12			
VALORES	DESCRIPCION	VALORACION							
Entre 1 y1.50	Significa que el proyecto está en estado alto de riesgo, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de las personas.	Se define como no elegible el proyecto en las condiciones en que se presenta.							
Entre 1.60-2.0	Significa que el proyecto está en estado de riesgo crítico, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de los usuarios	Se sugiere la búsqueda de una mejor alternativa tecnológica, de diseño o en la selección de materiales de construcción para la realización del proyecto.							
Entre 2.10-2.50	Significa que el proyecto presenta un estado de riesgo moderado.	Se considera esta alternativa del proyecto elegible siempre y cuando no se obtengan calificaciones de 1 (Escala) en algunos de los siguientes aspectos: Adaptación al medio, confort ambiental y Renovabilidad de las fuentes (materiales de construcción)							
Superiores a 2.60	Significa que el proyecto presenta bajos niveles de riesgo.	Se considera este proyecto totalmente elegible e idóneo para su desarrollo							
OBSERVACIONES: Se sugiere la búsqueda de una mejor alternativa tecnológica, de diseño o en la selección de materiales de construcción para la realización del proyecto.									
Yo, _____ en mi calidad de Evaluador del Proyecto, doy fe que la evaluación anteriormente descrita coincide con la información presentada por la propuesta.									
Nombres y apellidos del funcionario que realiza la evaluación		Firma			Firma				
Nombres y apellidos del funcionario que aprueba la evaluación		Firma			Firma				
Fuente: Elaboración propia									

4.5. Identificación de los Puntos Críticos

Con la obtención del balance del riesgo e identificadas las amenazas del tramo se realizó una lista de los puntos críticos de acuerdo a la visita de realizada en el sitio, primero se llenan los datos generales de la ubicación del proyecto, y luego se procede a realizar el listado de los puntos críticos.

Cuadro No.9: Matriz de Identificación de Amenazas-Puntos Críticos														
II. IDENTIFICACION DE AMENAZAS-PUNTOS CRITICOS														
ID #	SITIO				L	TI		C A	A S	ZI				Descripción del daño potencial
	EST	UTM		msn m		TS	IN			H	A I	A F	C R	
		Y	X											
1	0+280	1260567.10	609454.55	47.46									x	Socavamiento de Aletones y cortinas de Salida.
2	0+300-0+500					Arcilla arenosa								Acumulación de sedimento producto de falta de cunetas y talud mal construido.
2	0+520	1260701.94	609261.11	49.11									x	Socavamiento de Aletones y cortinas de Salida.
	0+700			50.5		arena-Arcillosa	1;0.75						x	Talud muy inclinado, y erosionado
3	0+520-0+660													Sedimentación en cuneta natural
4	1+140	1260979.14	608863.93	45.59									x	Socavamiento de Aletones Salida
5	1+190-1+260													Sedimentación cuneta natural b/i y socavamiento al talud b/d
6	1+460	1261252.29	608472.74	50.06									x	Socavamiento de aletones
7	1+550-1+590													Sedimentación de Cuneta Natural
8	1+660	1261386.94	608276.08	55.74									x	Socavamiento de Aletones
	1+700			56		Limo Arcillosa	1;0.75						x	Talud muy inclinado, y erosionado
9	2+030-2+120													Sedimentación de Cuneta Natural
10	2+245.61	1261913.77	608079.69	43.25									x	Sedimentación de Cuneta Natural, Aguas Abajo zona de inundación a pozo de agua.
11	2+663	1262125.41	608131.34	46.91									x	Socavamiento de Aletones
12	3+129	1262714.75	608048.15	45.88								x		Socavamiento de Aletones, Zona de Inundación, zampeado en mal estado.
13	3+436	1262925.02	607931.61	40.69								x		Socavamiento de Aletones, Zona de Inundación
14	3+627	1263177.68	607726.79	42.15								x		Socavamiento de Aletones, Zona de Inundación
15	3+703	1263184.66	607721.3	42.22								x		Socavamiento de Aletones, Zona de Inundación

Cuadro No.9: Matriz de Identificación de Amenazas-Puntos Críticos														
II. IDENTIFICACION DE AMENAZAS-PUNTOS CRITICOS														
ID #	SITIO				L	TI		C A	A S	ZI				Descripción del daño potencial
	EST	UTM		msn m		TS	IN			H	A I	A F	C R	
16	4+666			31.99							x		x	Socavamiento de Aletones, Zona de Inundación
17	5+006										x		x	Socavamiento de Aletones, Zona de Inundación
18	5+142										x		x	Socavamiento de Aletones, Zona de Inundación
19	5+357										x		x	Socavamiento de Aletones, Zona de Inundación
20	5+777										x		x	Acumulación de Sedimentación y aguas de abajo golpean talud entrada de un aeropuerto.
21	5+780-6+160													Sedimentación de Cuneta Natural
Abreviaturas														
EST: Estacionamiento					AS: Asentamiento del suelo									
L: Ladera					ZI: Zona de Inundación									
TS: Tipo de suelo					H:Humedal									
IN: Inclinación					AI: Área de inundación									
TI: Talud Inestable					AF: Afloramiento de agua									
CA: Cárcavas					CR: Cruce de agua									
Fuente: Elaboración propia														

De acuerdo a la visita de campo realizada se identificó un punto crítico importante y está ubicado en la estación 5+777, en la entrada al aeropuerto Esmeralda, en el cual existe una caja cuádruple de 32 ml, la más grande del proyecto, que en la parte de aguas arriba el agua golpea el talud de la carretera y en la parte de aguas abajo, la corriente golpea directo el talud de entrada del aeropuerto. También hay que destacar que el río El Murciélago es el que tiene mayor caudal en el tramo y esto puede perjudicar gravemente la vía y la entrada al aeropuerto.

Para este río se realizó una modelación hidráulica, la cual indicó que en la parte aguas abajo para un período de retorno de 50 años la altura de agua es de 2.01 m y el talud del aeropuerto es de 1.65 m, lo cual está por debajo de caudal, ver figura No 4. También no se observa que no se realizó rectificación de cauce. Los resultados de la modelación indicaron que el ancho de la caja no cumple el área hidráulica, ya que contiene una área inefectiva el cual esto genera rebose de agua y esto causa socavamiento en las bases del puente. Ver figuras No.4 y 5.

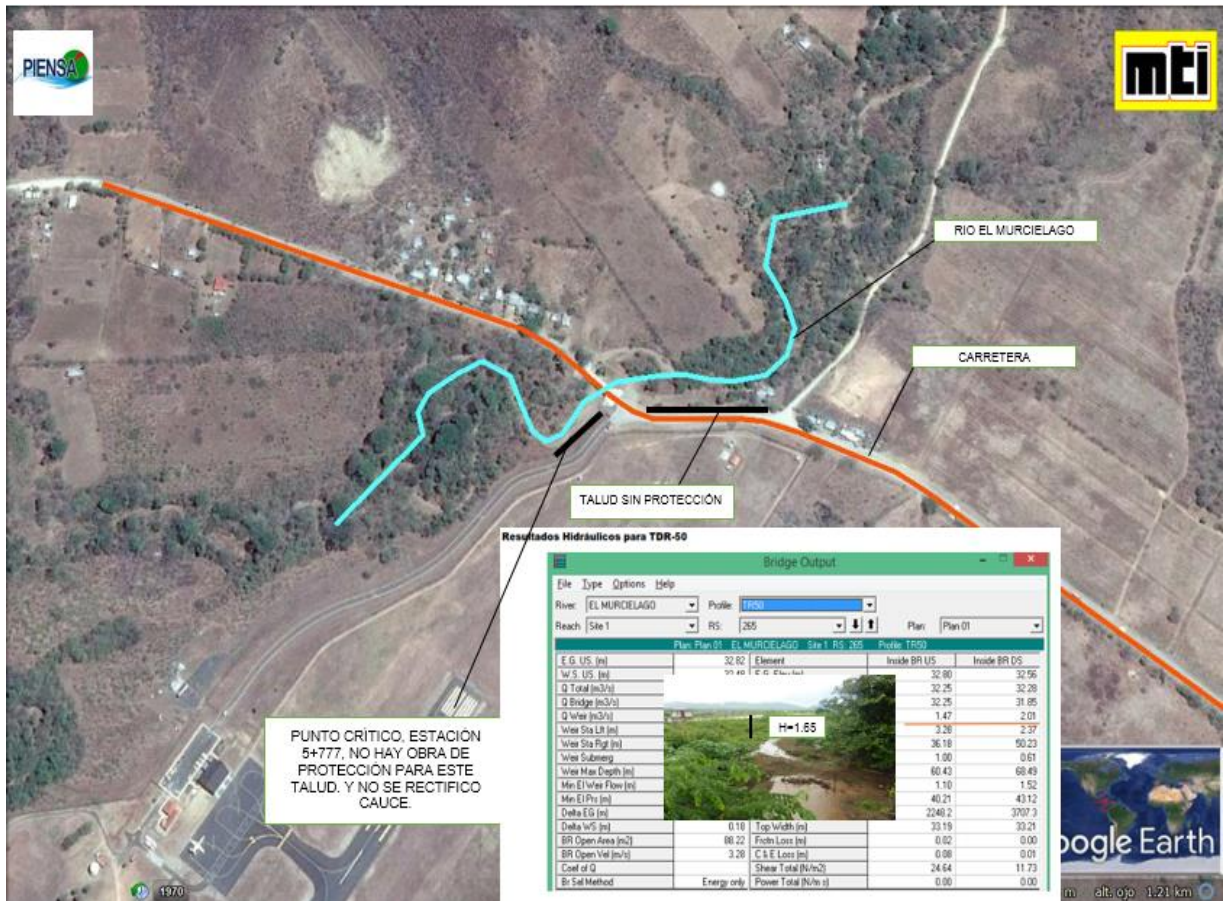


Figura No.4: Identificación del Punto crítico
Fuente: Elaboración propia

Modelación 3d del Rio el Murciélago.

Como se puede observar existe un área de flujo inefectivo.

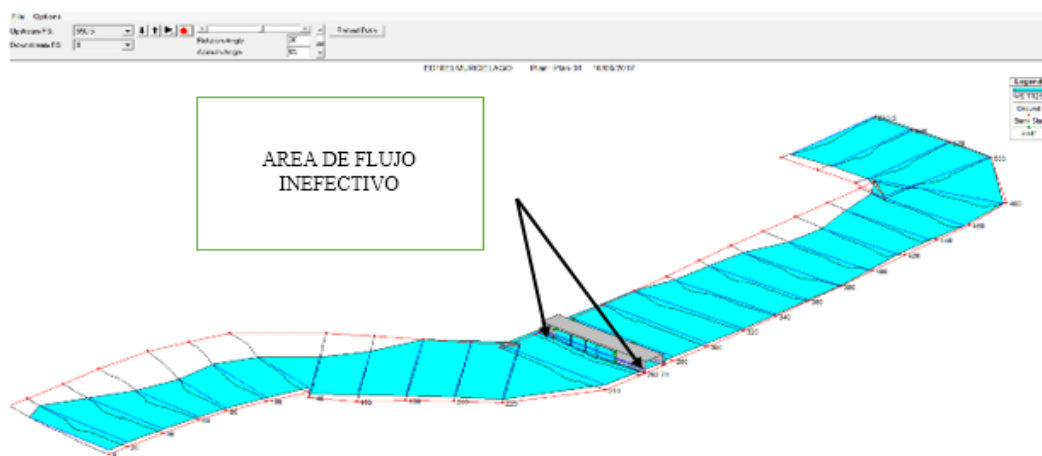
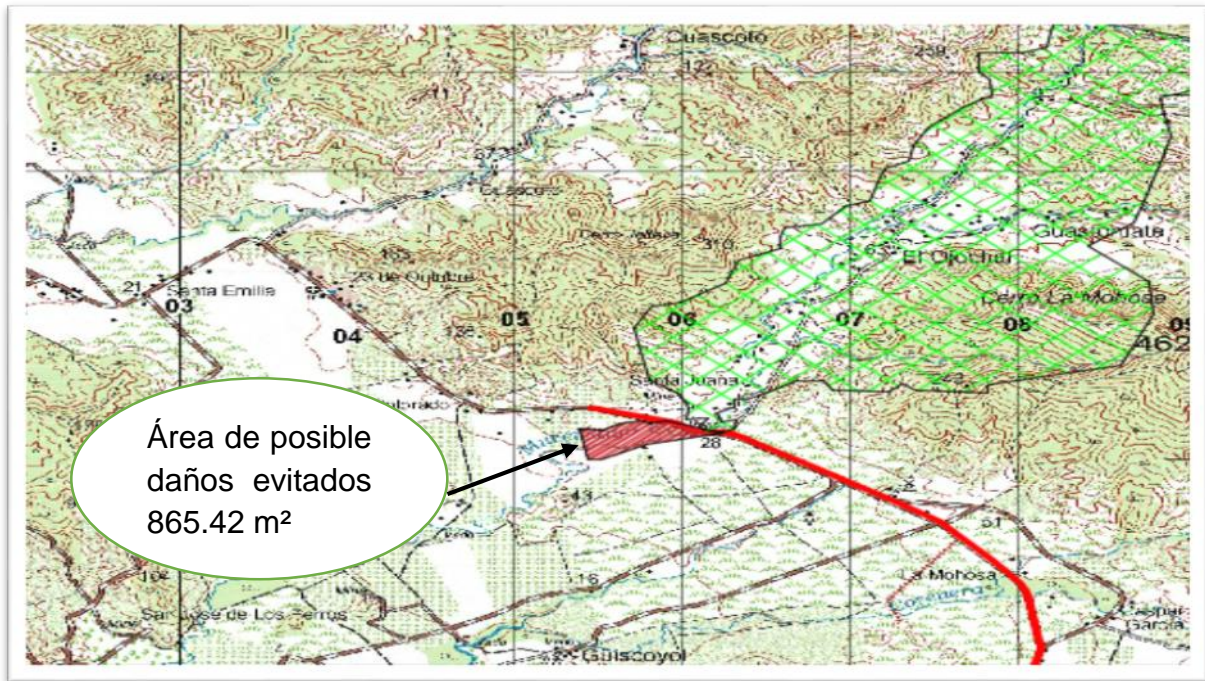


Figura No.5: Área de flujo Inefectivo de Punto Crítico 5+777
Fuente: Elaboración propia

4.5.1 Daños Evitados

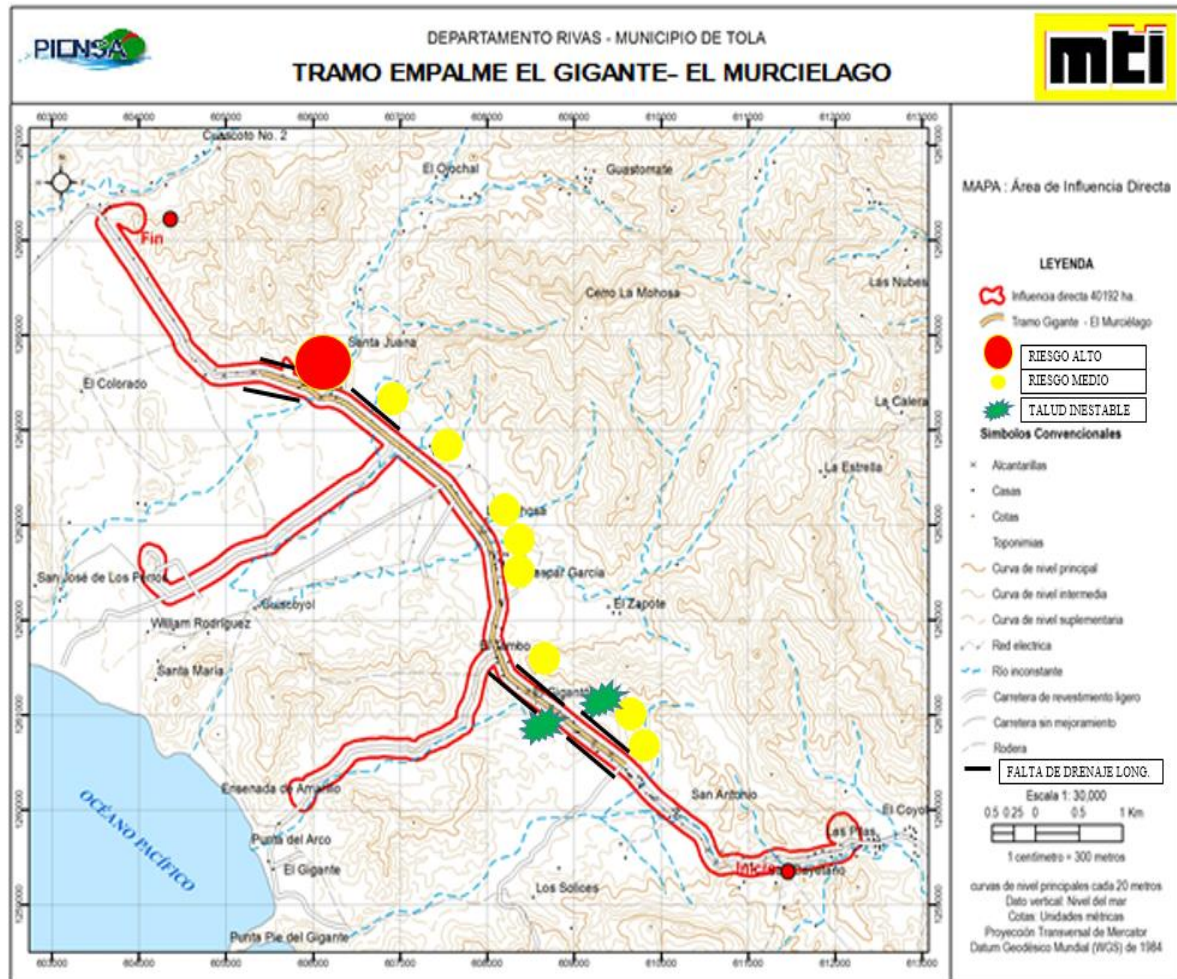
Para determinar los daños evitados en el punto más crítico se utilizó los resultados hidrológicos e hidráulicos y con un mapa geodésico 1:50,000 se trazó el área de posible afectación con el caudal máximo y altura de agua, y con ayuda del programa AutoCAD se midió el área afectada de posible inundación. A continuación se presenta el mapa de daños Evitados.



Mapa No.10 Daños Evitados Punto Crítico
Fuente: Elaboración propia

4.6. Mapa Síntesis de Puntos Críticos de Tramo Vial

Con base en la información anterior, se procedió a elaborar un mapa donde se sintetizan los puntos críticos identificados en el tramo vial.



Mapa No.11 Puntos Críticos
Fuente: Elaboración propia.

4.7. Síntesis del Capítulo

En primera instancia se identificaron las amenazas con el histograma de emplazamiento. Posteriormente se realizó el histograma de vulnerabilidad, al cual se le tuvo que hacer modificaciones a 2 sub-componentes para ajustarlo a la evaluación en proyectos viales (funcionabilidad y confort ambiental). Con los valores promedios obtenidos, se procedió a determinar el grado de riesgo que presenta el proyecto (balance de riesgo promedio). Finalmente se elaboró una lista de los puntos críticos identificados en la visita de campo al tramo vial, donde se tomaron los datos generales existentes en cada obra construida del proyecto. Adicionalmente se elaboró un plano síntesis de los puntos críticos para ilustrar de mejor manera el análisis.

CAPÍTULO 5: MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN

En función de los resultados obtenidos en la evaluación de los riesgos, y habiendo definido los puntos críticos –y, por tanto, más vulnerables– del área de influencia del proyecto vial en estudio, en el presente capítulo se abordan las medidas de adaptación y mitigación que se proponen en dichos puntos.

En primera instancia se describen las medidas generales de adaptación a los efectos del Cambio Climático en la tipología de proyectos viales, que se identificaron en la literatura especializada¹⁰. Corresponden a medidas típicas sugeridas a implementarse en correspondencia con los potenciales impactos del Cambio Climático sobre los diversos elementos de infraestructura de los proyectos viales (e.g. pavimentos, rellenos, cortes, etc.)

En segundo lugar, en este capítulo se precisaron las medidas de adaptación específicas para el Proyecto Vial “Empalme El Gigante-El Murciélagos 6.45 km” Municipio de Tola, Rivas, propuestas en función de dos tipos de riesgos que fueron priorizados, debido a su proclividad a incrementarse por los efectos del Cambio climático:

- riesgo por inundación
- riesgo por deslizamientos

5.1. Medidas Generales de Adaptación a los efectos del Cambio Climático en proyectos Viales

En el cuadro que se muestra a continuación (Ver Cuadro 10), se identifican los impactos generados sobre la infraestructura vial por el Cambio Climático. En correspondencia con estos impactos se presentan las medidas que se han implementado para adaptarse a los efectos generados por el cambio climático en las diferentes estructuras que componen una carretera y a su vez se enmarcan en buenas prácticas constructivas y controles de calidad más minuciosos, para evitar que las diferentes estructuras se dañen anticipadamente por los efectos mencionados, y que los proyectos siempre tengan transitabilidad y seguridad para la población.

¹⁰ Componente 3. Revisión de Estándares. Propuesta de modificación con inclusión de criterios de Cambio Climático del: Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y seguridad Vial. Edición 2010

Cuadro No. 10. Descripción de medidas de Adaptación al cambio climático en la fase de operación y mantenimiento.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
General		Establecimiento de frecuencias adecuadas de inspección rutinaria que permitan una detección temprana de daños.
		Análisis de causas de los daños cuando éstos se produzcan, para garantizar la eficacia de las medidas de adaptación a adoptar.
		Adaptación de horarios y condiciones de trabajo a incrementos de temperatura y variaciones de la pluviometría.
		Adaptación general de materiales y procesos constructivos a incrementos de temperatura, variaciones de la pluviometría, incremento de viento e incremento del nivel del mar.
		Establecimiento de procedimientos de operación en caso de accidente, deslizamiento, inundaciones rápidas o fluviales. Elaboración de plan de contingencia y sistema de alerta temprana.
		Establecimiento de sistemática de inspecciones de seguridad vial
Pavimento de concreto asfáltico	<p>Deterioro por incremento de temperatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rigidización y deterioro de las mezclas asfálticas por oxidación acelerada del ligante (consecuencia de radiación UV). Aparición de fisuras, ahuellamientos o baches. - Reblandecimiento de la mezcla asfáltica exudación o aparición de ahuellamientos. - Reducción de la capacidad portante del pavimento. - Infiltración de agua a capas inferiores. <p>Reducción de la vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial</p>	<p>Inspección para la detección de fisuras, ahuellamientos o baches.</p> <p>Sellado temprano de juntas.</p> <p>Empleo de mezclas asfálticas y cemento asfáltico con mejor comportamiento frente a incrementos de temperatura: reducción de porcentaje de cemento asfáltico en la mezcla, empleo de cemento asfáltico definido por grado de desempeño (PG) o modificado con polímeros que se adapte al rango de temperaturas y tipo de tráfico a soportar, ajuste de granulometría de agregados, mejora de la calidad de los agregados para incrementar la fricción interna.</p> <p>Sellado adecuado de juntas.</p> <p>Aplicación de material secante (cero) en caso de exudación.</p> <p>Aplicación de tratamientos superficiales que incrementen la reflectancia de los rayos solares.</p>

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
	<p>Deterioro por presencia de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disgregación de la mezcla - Infiltración de agua a capas inferiores - Reducción de la capacidad portante del pavimento. <p>Reducción de la vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial</p>	<p>Inspección rutinaria para la detección de fisuras, ahuellamiento o baches.</p> <p>Sellado temprano de juntas. Empleo de materiales de sellado flexibles que se adapten a los movimientos de las juntas.</p> <p>Empleo de mezclas asfálticas y cemento asfáltico con mejor comportamiento frente a presencia de agua: rediseño de mezclas, inclusión de aditivos que mejoren la adhesividad, empleo de cemento asfáltico definido por grado de desempeño (PG) o modificado con polímeros, empleo de agregados de mayor calidad.</p> <p>Adecuado mantenimiento del drenaje de la plataforma (cunetas y subdrenes) para asegurar evacuación rápida de agua y evitar su penetración en capas inferiores.</p> <p>Ejecución de drenajes profundos si existe afluencia permanente de agua.</p> <p>No ejecución de trabajos de asfaltado en caso de base con exceso de humedad, lluvia o amenaza de lluvia.</p>
Pavimento de concreto hidráulico	<p>Deterioro por incremento de temperatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aparición de fisuras por retracción o contracción térmica - Daño de las juntas y las losas por dilaciones superiores a las previstas - Infiltración de agua a capas inferiores - Reducción de la capacidad portante del pavimento. <p>Reducción de la vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial</p>	<p>Inspección rutinaria para la detección de fisuras, daños en las juntas o roturas.</p> <p>Sellado temprano de juntas. Mantenimiento periódico del sellado. Empleo de materiales de sellado flexibles que se adapten a los movimientos de las juntas.</p> <p>Empleo de aditivos químicos en la fabricación del concreto que permitan reducir la relación agua/cemento, y por tanto la retracción (plastificantes, fluidificantes).</p> <p>Empleo sistemático de sistemas de curado.</p> <p>Empleo de fibras de polipropileno para disminuir la fisuración por retracción.</p> <p>Revisión de la distancia entre juntas de contracción y dilatación, así como anchura de las mismas y disposición de conectores.</p> <p>Control de temperatura ambiente y de la masa del concreto. No colado de concreto con temperaturas superiores a 30°C, tanto ambiente como de la masa, o con fuertes vientos. Adaptación de horarios de trabajo.</p>

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
	<p>Deterioro por presencia de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Infiltración de agua a capas inferiores, con reducción de la capacidad resistente del conjunto del pavimento - Rotura de pavimento - Corrosión de armadura y conectores <p>Reducción de la vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial</p>	<p>Inspección rutinaria para la detección de fisuras, daños en las juntas o roturas.</p> <p>Sellado temprano de juntas. Mantenimiento periódico del sellado. Empleo de materiales de sellado flexibles que se adapten a los movimientos de las juntas.</p> <p>Adecuado mantenimiento del drenaje de la plataforma (cunetas y subdrenes) para asegurar evacuación de agua.</p> <p>Ejecución de subdrenes si existe afluencia permanente de agua.</p> <p>No colado de concreto en caso de base con exceso de humedad, lluvia o amenaza de lluvia, salvo instalación de sistemas de protección.</p>
	<p>Deterioro por ataque químico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - deterioro del concreto - corrosión de armadura 	<p>Empleo de concreto hidráulico resistente a ataque químico.</p> <p>Reducción de anchura máxima de fisura permitida.</p> <p>Ídem propuestas anteriores.</p>
Deterioro de adoquín	<p>Deterioro por presencia de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de arena de las juntas. - Movimiento de los elementos prefabricados - Infiltración de agua a capas inferiores - Reducción de la capacidad portante del pavimento. <p>Reducción de la vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial</p>	<p>Sellado periódico de juntas con arena.</p> <p>Asegurar confinamiento de arena simultánea con evacuación de agua. Bordillos laterales de contención con ranuras o llorones dotados de geo textil.</p> <p>Ejecutar vigas transversales de contención en caso de tramos de con pendiente igual o superior al 8%.</p> <p>No instalación de pavimento si la base presenta humedad excesiva.</p> <p>Mejora de la capacidad portante de la base estabilizada con cemento.</p>
Bases y sub bases granulares	<p>Deterioro por incremento de temperatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cambios volumétricos por desecación - Deformaciones del pavimento, con posibilidad de rotura del mismo. <p>Reducción de vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial</p>	<p>Incremento del grado de compactación durante la construcción para reducir los posibles cambios volumétricos.</p> <p>Empleo de materiales con mejor comportamiento frente a la desecación (reducción de plasticidad, reducción del % de finos, incremento de las caras de fractura)</p>

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
Materiales estabilizados con cemento y/o cal	Deterioro por presencia de agua: - Reducción de módulo resiliente - Deformaciones y daños en pavimento Reducción de vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial	Adecuado mantenimiento del drenaje de la plataforma (cunetas y subdrenes). Incremento del grado de compactación durante la construcción para reducir la infiltración y mejorar el comportamiento en caso de presencia de agua. Adecuado sellado de juntas de pavimento asfáltico y pavimento de concreto hidráulico. Empleo de materiales con mejor comportamiento frente a presencia de agua (reducción de plasticidad, reducción del % de finos, incremento de las caras de fractura). No ejecución de bases y subbase granulares en caso de lluvia o amenaza de lluvia de acuerdo con las previsiones meteorológicas.
	Deterioro por incremento de temperatura: - Cambios volumétricos por desecación - Fisuración por retracción - Aparición de fisuras en capas superiores - Deformaciones del pavimento, con posibilidad de rotura del mismo. Reducción de vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial	Incremento del grado de compactación durante la construcción para reducir los posibles cambios volumétricos. En bases estabilizadas con cemento sobre las que se va a disponer carpeta asfáltica, ejecución de juntas de contracción en fresco para evitar la aparición de grietas en la carpeta.
Rellenos	Deterioro por presencia de agua: - Reducción de módulo resiliente - Deformaciones y daños en pavimento Reducción de vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial	Adecuado mantenimiento del drenaje de la plataforma (cunetas y subdrenes) Adecuado sellado de juntas. Empleo de materiales con mejor comportamiento frente a presencia de agua (reducción de plasticidad, reducción del % de finos, incremento de las caras de fractura). No ejecución de estabilización en caso de lluvia de acuerdo con previsiones meteorológicas.
	Deterioro por incremento de temperatura: - Cambios volumétricos por desecación - Deformaciones del pavimento, con posibilidad de rotura del mismo. Reducción de vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial, colapso, interrupción del servicio.	Incremento del grado de compactación durante la construcción para reducir los posibles cambios volumétricos. Empleo de materiales con mejor comportamiento frente a la desecación (reducción de plasticidad, reducción del % de finos)

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
	<p>Deterioro por presencia de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de módulo resiliente - Deformaciones y daños en pavimento - Deslizamientos <p>Reducción de vida útil, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial, colapso, interrupción del servicio.</p>	<p>Adecuado mantenimiento del drenaje transversal y de la plataforma.</p> <p>Empleo de materiales con mejor comportamiento frente a presencia de agua (reducción de plasticidad, reducción del % de finos).</p> <p>Incremento del grado de compactación durante la construcción para mejorar el comportamiento en presencia de agua.</p> <p>No empleo de materiales solubles, erosionables o colapsables, salvo aplicación de tratamiento adecuado para su utilización.</p> <p>Rebaje del nivel de la capa freática.</p> <p>Abatimiento del nivel freático o de afloramientos permanentes de agua mediante la ejecución de subdrenes.</p> <p>No ejecución de rellenos en caso de lluvia.</p> <p>Tendido de taludes</p> <p>Empleo de medidas de estabilización en caso de deslizamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revegetación (plantación, siembra y/o engramado) - Enrocado - Gaviones <p>Muros de concreto, pantallas</p>
	<p>Erosión por avenidas fluviales, pluviales o incremento de escorrentía</p> <p>Colapso, interrupción del servicio, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial.</p>	<p>Mejora de la capacidad de los elementos de drenaje transversal y longitudinal. Ejecución de bajantes o disipadores.</p> <p>Compactación adecuada del relleno.</p> <p>Aplicación de medidas protectoras frente a la erosión:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revegetación (siembra y/o engramado) - Enrocado - Gaviones <p>Muros de concreto, pantallas</p>
Cortes	<p>Deterioro por incremento de temperatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fractura térmica por desecación - Desprendimientos 	<p>Empleo de medidas de estabilización en caso de desprendimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tendido de taludes. Adaptación de la pendiente del talud a las características del material. - Instalación de malla de retención - Aplicación de gunita (concreto proyectado). - Revegetación (siembra y/o engramado) <p>Ejecución y posición adecuada de cunetas que permitan la recogida de materiales desprendidos sin invadir la calzada.</p>

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
	Erosión por avenidas fluviales, pluviales o incremento de escorrentía. Erosión por incremento del nivel del mar. Colapso, interrupción del servicio, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial.	Mejora de la capacidad de los elementos de drenaje transversal y longitudinal. Aplicación de medidas protectoras frente a la erosión: - Revegetación (siembra y/o engramado) - Enrocado - Gaviones Muros de concreto, pantallas
	Deslizamientos Colapso, interrupción del servicio, posibles daños al vehículo, reducción de seguridad vial.	Adecuado mantenimiento del drenaje transversal y de la plataforma. Abatimiento nivel freático. Ejecución de mechinales (llorones), ejecución de zanjas drenantes. Retirada de material en corona de talud que propicie el deslizamiento. Tendido o perfilado de taludes. Ejecución y posición adecuada de cunetas que permitan la recogida de materiales desprendidos sin invadir la calzada. Empleo de medidas de estabilización: - Enrocado - Gaviones - Muros de concreto, pantallas - Anclajes y claveteado del suelo (soil-nailing) - Mallas de contención Redes de cable
Estructuras de concreto hidráulico	Deterioro por incremento de temperatura: - Aparición de fisuras por retracción - Elevado calor de fraguado - Dilataciones térmicas superiores a las soportables por la estructura - Oxidación de armadura (efecto combinado fisuración + agua) Reducción de vida útil, colapso, interrupción del servicio, reducción de seguridad vial.	Empleo de aditivos químicos en la fabricación del concreto que permitan reducir la relación agua/cemento, y por tanto la retracción (plastificantes, fluidificantes). Empleo metódico de sistemas de curado. Revisión de la distancia entre juntas de contracción y dilatación y rediseño adecuado de las mismas.
	- Deterioro por presencia de agua: - Infiltración de agua - Corrosión de armadura - Reducción de vida útil, colapso, interrupción del servicio, reducción de seguridad vial.	- Ídem anterior. - Sellado sistemático de juntas. - Empleo de pinturas de impermeabilización en losas de puentes, y en concreto en contacto con suelos. - Disminución de anchura de fisura máxima admitida. - No colado de concreto en caso de lluvia o amenaza de lluvia, salvo aplicación de medidas de protección frente al agua.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
	Deterioro por incremento de salinidad: deterioro del concreto corrosión de armadura Reducción de vida útil, colapso, interrupción del servicio, reducción de seguridad vial.	Ídem anterior. Empleo de concreto hidráulico resistente a ataque químico. Posible protección catódica en estructuras existentes.
	Daño por incendio Reducción de vida útil, colapso, interrupción del servicio, reducción de seguridad vial.	Limpieza rutinaria de maleza y vegetación en el derecho de vía
Puentes	Deterioro por incremento de temperatura: - Ídem “estructuras de concreto hidráulico” - Dilataciones térmicas de juntas superiores a previstas Reducción de vida útil, colapso, interrupción del servicio, reducción de seguridad vial.	Ídem estructuras de concreto hidráulico - Diseño adecuado de juntas de puentes contemplando oscilaciones térmicas consistentes con proyecciones de cambio climático.
	Deterioro por presencia de agua: Ídem “estructuras de concreto hidráulico”	Ídem estructuras de concreto hidráulico Aplicación de sistemas de impermeabilización específicos de tablero de puentes bajo pavimento
	Deterioro por ataque químico: Ídem “estructuras de concreto hidráulico”	Ídem estructuras de concreto hidráulico
	Erosión de cimentaciones de pilas y estribos Colapso, interrupción del servicio, accidente	Control de procesos de erosión tras avenidas. Evaluación de suficiencia de protección actual o necesidad de adaptación-sustitución (cálculo con precipitaciones previstas en proyecciones de cambio climático).
	Capacidad de evacuación insuficiente en avenidas Colapso, interrupción del servicio, accidente	Incremento de la permeabilidad de la carretera adyacente (construcción de drenaje transversal adicional en tramos colindantes con la estructura). Establecimiento de tramos de carretera “fusibles” que rompan de forma previa al daño de la estructura y con menor plazo y coste de reposición. Recrecimiento de pilas y estribos si posible.
	Incremento de nivel de río en avenida	Establecimiento de sistema de control de niveles Restricciones a la navegación fluvial. Sistema de alerta temprana.
	Daño por incendio Reducción de vida útil, colapso, interrupción del servicio, accidente	Ídem estructuras de concreto hidráulico

DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
Elemento de la infraestructura	Impacto	Medida a implementar
Drenaje	Incremento de precipitación. Inundaciones fluviales o pluviales - Capacidad insuficiente - Procesos de erosión - Procesos de rotura de drenaje por asiento de rellenos Colapso, interrupción del servicio, accidente	Control de niveles alcanzados por el agua tras episodios de elevada pluviometría. Revisión de caudal de diseño. Rediseño de obra de drenaje. Ejecución de cuna de concreto o de mampostería Instalación de tubos con junta de goma Ejecución de elementos disipadores y bajantes
	Incremento de precipitación y temperatura. Incremento de arrastres.	Mantenimiento y limpieza frecuentes Reforestación de cuencas.
Estructura metálica	Deterioro por corrosión	Correcto tratamiento de pintura Empleo de acero resistente a la corrosión atmosférica Empleo de protección catódica
Fuente: Componente 3. Revisión de Estándares. Propuesta de modificación con inclusión de criterios de Cambio Climático del: Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y seguridad Vial. Edición 2010.		

A continuación, se describen las medidas específicas propuestas para los dos tipos de riesgo identificados en los puntos críticos del tramo vial:

5.3. Medidas de Adaptación al Riesgo de Inundación

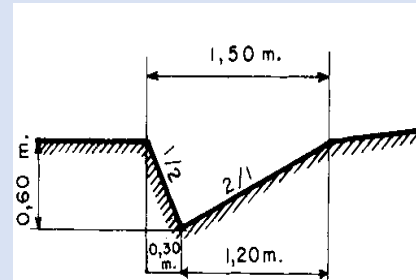
Las medidas de adaptación fueron elaboradas con el fin de dar una solución integral y dar respuesta a la amenaza específica existente en el tramo, ya que producto del cambio climático los desastres que se pueden provocar por las amenazas existentes en el tramo que pueden ser más graves.

5.3.1. Mejoramiento del Sistema de Drenaje

Se propone la implementación de obras de drenaje transversal complementarias, construcción de aletones a entrada y salida de las obras de drenajes longitudinales, disipadores de energía y obras de zampeados.

Cuadro No.11 Mejoramiento del Sistema de Drenaje		
Estaciones	Estructura Actual	Estructura a Implementarse
0+280,0+520 ,1+140,1+46 0,1+660,2+6 63,3+129,3+ 436,3+627,3 +703,4+666, 5+006,5+142 ,5+357.		
En las estaciones mostradas los problemas existente son que los aletones y cabezales, cortinas construidos son de mampostería con piedra bolon, se propone la construcción de estas estructura de concreto y con pendientes de 3% , para evitar la acumulación de sedimentos.		
5+780-6+160 a/b, 5+600- 5+700 b/i.	 Construcción de canal longitudinal.	
En algunas parte del tramo no se construyeron obras de drenaje longitudinal y es estos puntos se propone la construcción de canales de concreto ya que es una zona de inundación y la acumulación de agua es mucha. Las alcantarillas y cajas existen pero se necesita llevar la escorrentía hacia estos puntos para evacuar rápido, se propone concreto ya que la mampostería con bolon se erosiona y se daña muy rápido, y la acumulación de sedimentos es mucha producto de la geología del sitio.		

0+300-0+500
a/b,0+520-
0+660 a/b,
1+190-1+260
a/b,1+550-
1+590 a/b.





En estas estaciones se propone la construcción de cunetas de concreto ya que no existen, el material de estos sitios es mas granular porque pertenecen al tipo bito, el cual no acumulan sedimentos, pero al no existir drenaje longitudinal, las cunetas naturales se sedimentan y dañan las obras que estan en los puntos mas bajo y pueden ir socavando la estructura de pavimento.

Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Implementación de Sistemas de Zampeados

Se propone la construcción de obras de zampeado con concreto para evitar la erosión en la entrada y salida de las alcantarillas (obras de drenaje transversal).

Cuadro No.12 Implementación de sistemas de zampeado

Estaciones	Estructura Actual	Estructura a Implementarse.
0+280,0+520		

Se propone la construcción de zampeados para la protección de alcantarillas, ya que si no se reviste, el agua que escurre del pavimento va socavando los aletones y cabezales y puede hacer colapsar la estructura.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3. Implementación de protección de talud en el punto más crítico.

Ya que en este punto crítico la amenaza es la desprotección del talud, se propone como solución rectificar el cauce y revestirlo con concreto, y en la parte donde el talud está por debajo de una posible crecida construir un muro de concreto reforzado 1.00 m. arriba del talud existente, ya que la diferencia de altura entre un TDR a 50 años es de 0.36 m. También el revestimiento del canal aguas arriba y aguas abajo evitara que el área que existe como flujo inefectivo socave las cimentaciones del puente.

Cuadro No.13 Implementación de mejoramiento de talud en el Punto más crítico.

Fuente: Elaboración propia

Estaciones	Estructura Actual	Estructura a Implementarse.
5+777		
Propuesta de Rectificación de Cauces en todos los cruces de la carretera.		

5.4. Medidas de Adaptación al Riesgo por Deslizamientos

5.4.1 Implementación de Revegetación, Mantas vegetales, Hidrosiembra y Contra cunetas

Se implementará la Revegetación, Mantas vegetales, Hidrosiembra y Contra cunetas de taludes, como medida de protección en lugares donde los taludes no presentan grandes pendientes y que tampoco presentan grietas por infiltración de escorrentías de agua. A continuación, se muestran imagen de taludes que no son de gran altura y solo ameritan vegetación, para que no se deslice por lluvias, ya que presente material Limo-arena-Arcillosa. En estos no se dio el talud que se debía, se construyó el talud hasta la orilla del cerco existente.

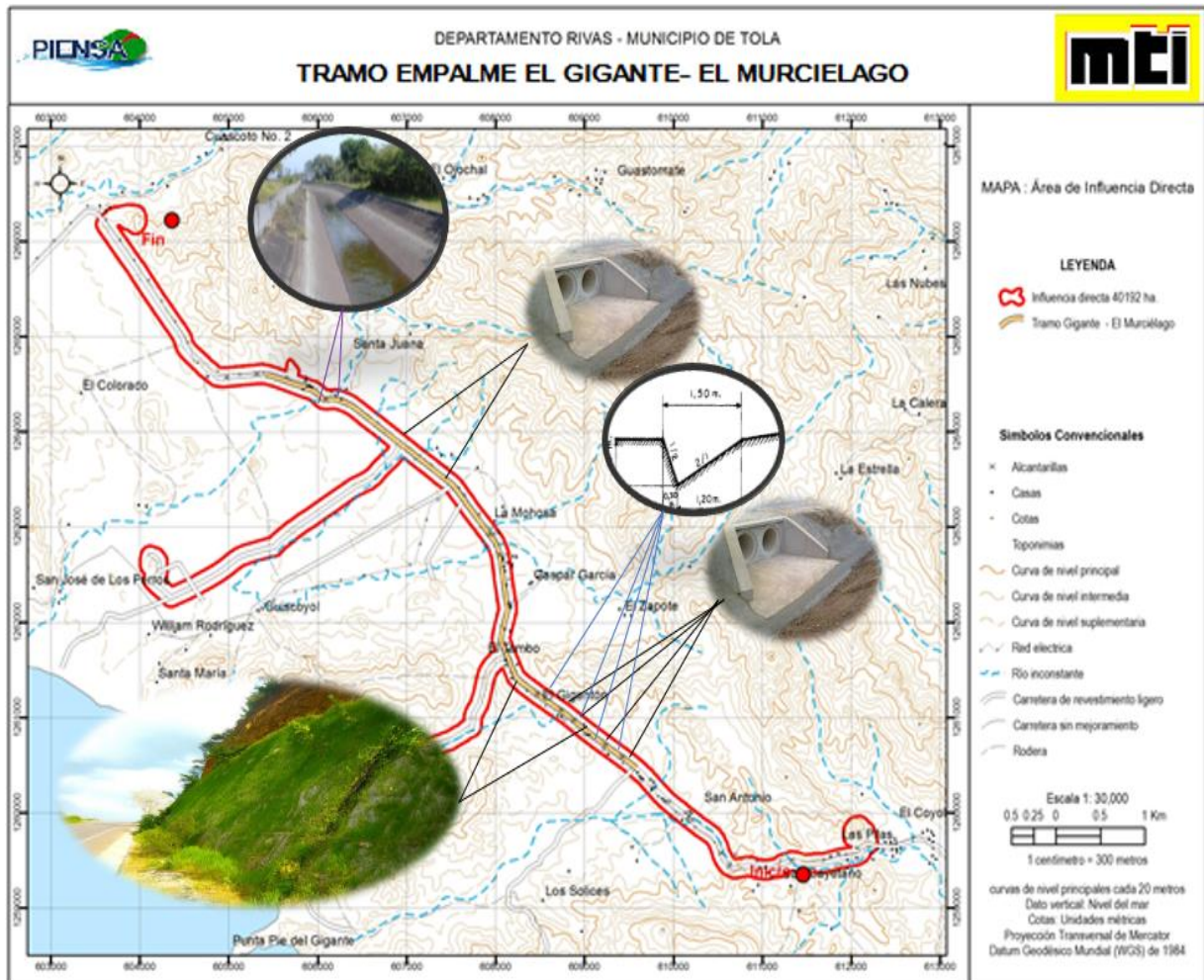
Cuadro No. 14 Medidas de adaptación por deslizamiento.



Fuente: Elaboración propia.

5.5. Mapa Síntesis de Obras de Adaptación en Puntos Críticos

De forma complementaria, se procedió a realizar un mapa donde se sintetizan las obras de adaptación propuestas en los puntos críticos del tramo.



Mapa No. 12 Obras de mitigación en puntos críticos.

Fuente: Elaboración propia

5.6. Síntesis del Capítulo

En este capítulo abordamos las medidas de mitigación y adaptación para los proyectos viales y las medidas a implementarse en los puntos críticos identificados en el proyecto. Primero se realizó una lista de medidas generales para diferentes sectores de la sociedad, luego se incorporó la lista de medidas en proyectos viales para diferentes estructuras y como parte final se elaboró las medidas y obras de adaptación identificadas en los puntos críticos, colocando un cuadro con la estación de la estructura, los problemas existentes, una foto de la estructura y una imagen de la medida a implementar.

CAPÍTULO 6: ASPECTOS FINALES

Con base en el trabajo realizado, se infieren las siguientes conclusiones:

6.1. Conclusiones

- Se describieron las características técnicas del Proyecto Vial “Empalme El Gigante-El Murciélago, permitiendo identificar los aspectos más importantes relacionados con los objetivos y relevancia estratégica territorial por el cual fue diseñado y construido. Se lograron determinar las dificultades que presenta el funcionamiento del tramo, que además de contrastar con el propósito de este proyecto, le expone a los efectos potencialmente dañinos del cambio climático en la zona.
- A través de la línea base se actualizó la información de los componentes ambientales del proyecto, las cuales no han variado mucho, antes de la construcción de la carretera. Las variaciones que se han dado es el uso del suelo, aumento de la población y algunos negocios, la parte negativa es que algunas zonas pobladas son áreas de inundación, por consiguiente se vuelven zonas más vulnerables ante efectos del cambio climático. Lo positivo de este proyecto fue la generación de nuevos negocios y fuentes de trabajo que dinamizan la economía local. La introducción de nuevos servicios básicos y el traslado de las personas en cualquier época del año.
- El resultado de balance de riesgo tiene como promedio un valor de 2.12 el cual significa que el grado de riesgo es bajo, aun cuando la parte de materiales de construcción no es fácil de obtener, esto se debe que a pesar que hay un diseño completo, el trazo de la vía se hizo en el camino existente y no se buscó una mejor alternativa donde se evitara las amenazas que presenta el proyecto. También es muy importante destacar que a pesar de este resultado obtenido el proyecto se puede mejorar haciendo obras de mitigación y adaptación ante efectos del cambio climático, para mejorar la calidad de vida de las personas.
- En relación con los puntos críticos identificados en el tramo, se identificaron algunos daños pero que son leves. En donde se presentan las mayores dificultades es en los drenajes transversales y longitudinales, ya que existe vegetación al borde de la vía por la falta de mantenimiento y esto causa que en periodos de invierno y con crecidas máximas producto del cambio climático las obras de drenaje transversal colapsen. En el punto crítico de mayor relevancia existe un grado de vulnerabilidad alto ya que no se hizo un diseño apropiado, para mitigar el riesgo por inundación.

- Las medidas de adaptación y mitigación fueron propuestas de acuerdo a las afectaciones y necesidades presentadas en los puntos críticos del proyecto. La mayoría de las medidas propuestas corresponde a obras de drenaje ya que el proyecto presenta muchas obras sin terminar, y esto puede ocasionar daños en el corto plazo. En el punto crítico se propuso obras que ayuden a adaptarse ante una crecida máxima del río, porque puede dañar directamente la estructura de pavimento, la caja puente y el acceso al aeropuerto.

6.2. Recomendaciones.

Tomando en cuenta las conclusiones planteadas, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Se le sugiere a las Alcaldías municipales, INETER, MARENA, MAGFOR e INIDE que elaboren informes que contengan cartografía actualizada, usos de suelos, cantidad de población, mapas de amenazas naturales, mapas de riesgo, para poder hacer análisis de los sitios vulnerables ante el cambio climático con mayor exactitud técnica.
- Se recomienda al Gobierno Central coordinar una comisión interinstitucional elaborar una metodología para evaluar el riesgo en proyectos de infraestructura vial, que permita recomendar medidas para adaptarlos a los efectos del cambio climático, y poder realizar obras donde la inversión sea segura.
- Se recomienda al FOMAV y la alcaldía de Tola que se tomen las medidas propuestas de adaptación y mitigación en este proyecto para mejorar sus condiciones de transitabilidad y durabilidad. Ya que cuando se construyó no se hicieron todas sus obras de protección y con el tiempo se ha venido sufriendo daños.
- Al programa del Piensa de la UNI se le recomienda elaborar una curso dentro de la especialidad, donde se elaboren medidas de adaptabilidad ante el cambio climático y así poder elaborar propuestas específicas ante una situación existente.

6.3. Bibliografía

- Banco Mundial. Libro de Consulta para Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III). Trabajos Técnicos del Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial.
- Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC). Guía actualizada de evaluación económica de la inclusión de la variable de riesgo de desastres en la inversión pública y su aplicación en proyectos de desarrollo en Panamá, Honduras y Nicaragua. Abril, 2012.
- Corea y Asociados S.A. (CORASCO). Revisión de Estándares. Propuesta de Modificación con Inclusión de criterios de Cambio Climático del: Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos, Programa de Apoyo al Sector Transporte – PAST-DANIDA / Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2008).
- Field, Christopher B, et al (2014). Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Extraído de Internet: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf
- Gobierno Municipal de Tola. Plan de Desarrollo Municipal de Tola, Rivas (2011-2030)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Informe de Síntesis del IPCC. Tercer Informe de Evaluación, 2007. Accra, Ghana, marzo 2001.
- Guía para la incorporación de RRD y ACC en proyectos de infraestructura vial. Ministerio de hacienda y crédito Público, Dirección General de Inversiones públicas, enero 2016.
- ÍDOM (et al). Componente 3. Revisión de Estándares. Propuesta de modificación con inclusión de criterios de Cambio Climático del: Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y seguridad Vial. Edición 2010
- ÍDOM (et al). Componente 3. Revisión de Estándares. Propuesta de modificación con inclusión de criterios de Cambio Climático del Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos. Edición 2010
- ÍDOM (et al). Componente 3. Revisión de Estándares. Propuesta de modificación con inclusión de criterios de Cambio Climático del Manual Centroamericano de Gestión del Riesgo en Puentes. Edición 2010
- ÍDOM (et al). Componente 3. Revisión de Estándares. Propuesta de modificación con inclusión de criterios de Cambio Climático del Manual Técnico Final de Diseño de Pavimento. Agosto 2016

- López Rello, R. (2007). Hacia un desarrollo de Infraestructura Adaptada al Cambio Climático, Programa de Naciones Unidas para el desarrollo.
- Marín C., Eduardo. Definiciones y parámetros de variables edafológicas, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. Dirección de Caminos Municipales. Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales adaptada al cambio climático. Documento final. 2010.
- Rodríguez, A. Número especial: Carreteras y Cambio Climático. Carreteras. Revista Técnica de la Asociación Española de la Carreteras. No.167. Septiembre/Octubre 2009.
- Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED). Plan de Respuesta Municipal con Enfoque de Gestión del Riesgo 2009
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con Enfoque de Gestión de Riesgos y Seguridad Vial. Edición 2010.
- Programa de Apoyo al Sector Transporte – PAST-DANIDA / Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2008)

6.4. Anexos

Anexo 1: Tabla No. 18 de Medidas Generales de Adaptación y Mitigación para diferentes Sectores.

Tabla No.18. Medidas de Mitigación y Adaptación que se pueden implementar en diferentes sectores de análisis		
Sectores de análisis	Impactos del Cambio Climático	Medidas de A y M
Ecosistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en los rangos de distribución de especies. • Pérdida de sincronización de eventos importantes (polinización, floración, dispersión, migración) • Mayor impacto de especies invasoras y parásitos. • Incremento de estrés fisiológico de las especies. • Cambios de fertilidad y reproducción. • Cambios en la composición de las comunidades • Reducción de la degradación de los ecosistemas. • Establecimiento de nuevas áreas protegidas. • Establecimiento de corredores biológicos o ecológicos. • Programas diseñados para apoyar alternativas económicas a la tala extensiva del bosque. • Inversión en restauración o conservación de la infraestructura ecológica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la degradación de los ecosistemas. • Establecimiento de nuevas áreas protegidas. • Establecimiento de corredores biológicos o ecológicos. • Programas diseñados para apoyar alternativas económicas a la tala extensiva del bosque. • Inversión en restauración o conservación de la infraestructura ecológica.
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la oferta mundial de alimentos, mayor riesgo de hambre. • Aumento de estrés térmico. • Mayor riesgo de degradación de tierras y desertificación • Mayor riesgo de salinización. • Irregularidad de periodicidad de estaciones. • Cambios en la calidad y cantidad de agua disponible. • Modificación de las fechas de siembra y plantación y de las variedades de cultivo. • Incremento de la incidencia de enfermedades de plantas. • Reducción en la producción debido a olas de calor y de frío. • Zonificación agroecológica. • Introducción de variedades altamente productivas. • Instalación de sistemas de irrigación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zonificación agroecológica. • Introducción de variedades altamente productivas. • Instalación de sistemas de irrigación. • Sistemas para el control de plagas y de enfermedades. • Manejo integral de suelos. • Uso de modelos de simulación de cultivos. • Prácticas agroforestales.

Tabla No.18. Medidas de Mitigación y Adaptación que se pueden implementar en diferentes sectores de análisis		
Sectores de análisis	Impactos del Cambio Climático	Medidas de A y M
Costas	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del nivel del mar con efectos significativos entre 2050 y 2080. • Riesgo para actividades económicas e infraestructura ubicada cerca o al nivel del mar. • Intensificación de inundaciones. • Desplazamientos de población. • Salinización de las tierras bajas que afectaría a las fuentes de agua potable. • Modificación del régimen de tormentas en las zonas costeras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo integral de las zonas costeras. • Planes de monitoreo y protección. • Regulaciones de acceso a las zonas de pesca. • Acuerdos internacionales para la protección del ambiente marino. • Prevención de la contaminación. • Mantenimiento y mejoramiento de la biodiversidad de las costas.
Salud	<ul style="list-style-type: none"> • Muertes y lesiones por inundaciones y deslizamientos de terreno. • Fortalecimientos de los servicios de salud. • Aumento de la conciencia sobre el impacto del cambio climático en la salud humana. • Fortalecimiento del sistema de vigilancia para las enfermedades sensibles al clima. • Fomento de la investigación sobre “clima y salud”. • Implementación de un plan estratégico de educación y comunicación sobre “cambio climático y salud”. • Establecimiento de canales de comunicación regulares con organizaciones de la salud. 	<ul style="list-style-type: none"> •

Anexo 2: Regiones Climáticas de Nicaragua



Figura No.6. Regiones Climáticas de Nicaragua.
Fuente: Reglamento Nacional de la Construcción.

Anexo 3: Regiones Climáticas de Nicaragua

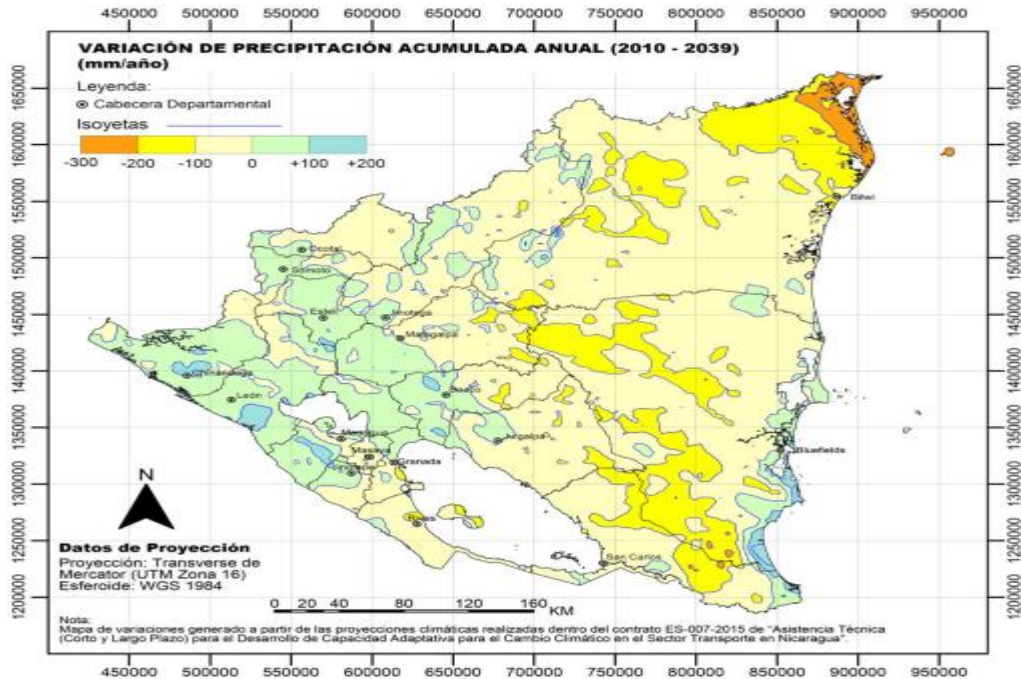


Figura No. 7 Precipitaciones Acumuladas (2010-2039)
Fuente: Reglamento Nacional de la Construcción.

Anexo 4: Variación de Temperatura Máxima Anual (2010-2039)

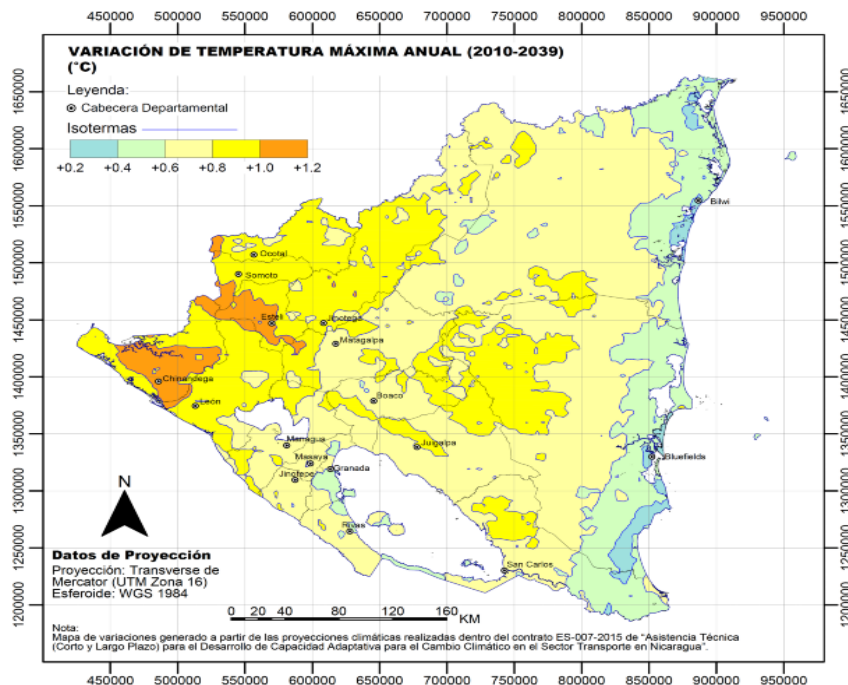


Figura No. 8 Variación de Temperatura Máxima Anual (2010-2039)
Fuente: Reglamento Nacional de la Construcción.

Anexo 4: Mapa de zonificación eólica de Nicaragua

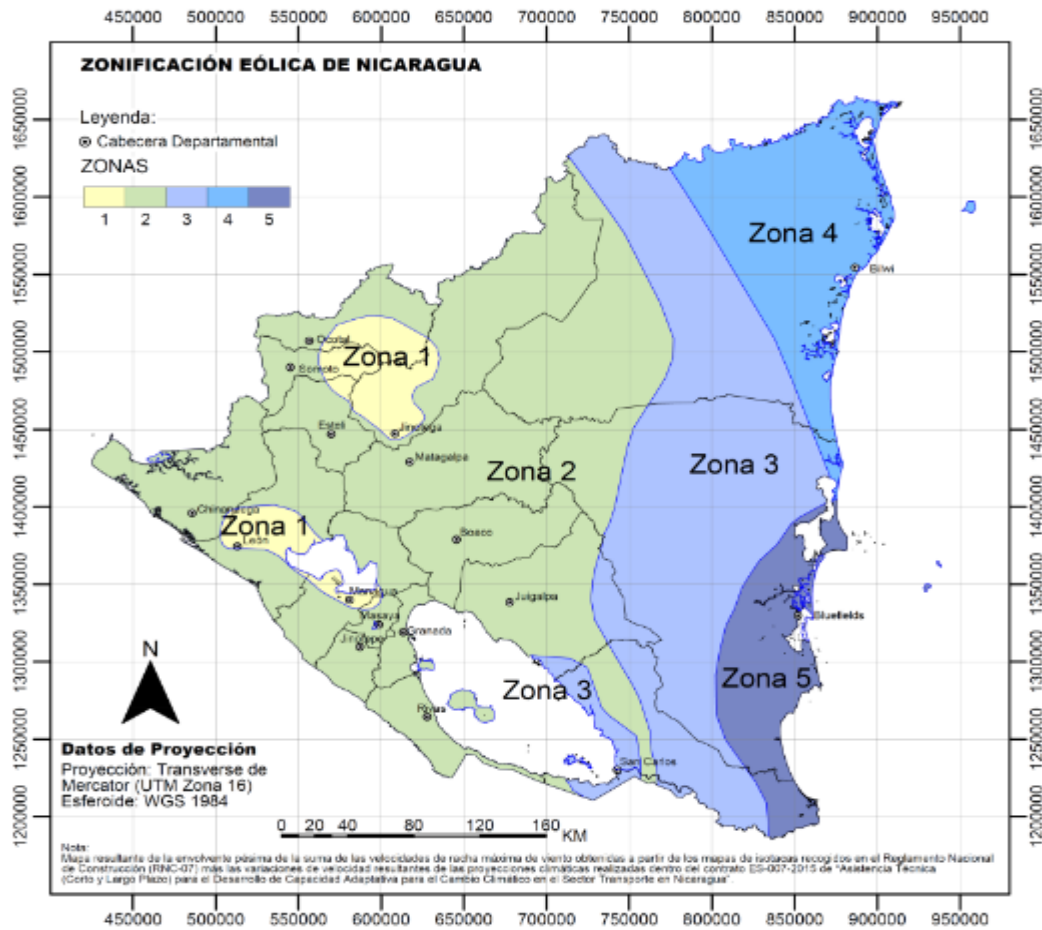


Figura No. 9 Mapa de zonificación eólica de Nicaragua
Fuente: Reglamento Nacional de la Construcción.